



TUGAS AKHIR – RC14 - 1501

**PERENCANAAN REKLAMASI DAN SHORE
PROTECTION DI ZONA 3 DAN 4 TERSUS
PT BADAK NGL**

WELLY NAWI BERLIAN
NRP. 3114 105 022

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

Dosen Pembimbing II
Ir. Fuddoly, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - RC14 – 1501

**PERENCANAAN REKLAMASI DAN SHORE
PROTECTION DI ZONA 3 DAN 4 TERSUS
PT BADAK NGL**

WELLY NAWI BERLIAN
NRP. 3114 105 022

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

Dosen Pembimbing II
Ir. Fuddoly, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - RC14 – 1501

**DESIGN OF RECLAMATION AND SHORE
PROTECTION IN ZONE 3 AND 4 PT BADAK NGL**

WELLY NAWI BERLIAN
NRP. 3114 105 022

Dosen Pembimbing I
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA

Dosen Pembimbing II
Ir. Fuddoly, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**PERENCANAAN REKLAMASI DAN SHORE
PROTECTION DI ZONA 3 DAN 4 TERSUS
PT BADAK NGL**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

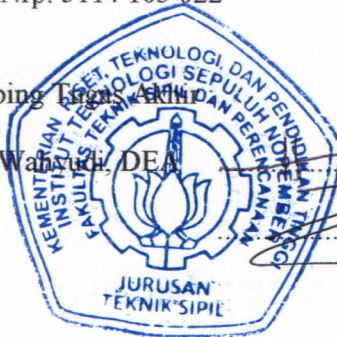
WELLY NAWI BERLIAN

Nrp. 3114 105 022

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Prof. Dr. Ir. Herman Wamudji, DEA

2. Ir. Fuddoly, M.Sc



**SURABAYA
JULI, 2016**

PERENCANAAN REKLAMASI DAN SHORE PROTECTION DI ZONA 3 DAN 4 TERSUS PT BADAK NGL

Nama Mahasiswa : Welly Nawi Berlian
NRP : 3114105022
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Konsultasi : Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA
Ir. Fuddoly M.Sc.

Abstrak

Kota Bontang Kalimantan Timur menjadi lokasi pengembangan PT Badak NGL dalam pembangunan pengolahan minyak mentah. Lokasi ini bertepatan diantara hutan konservasi dan laut. Dengan demikian daerah pengembangan pembangunan lebih difokuskan pada arah laut agar tidak mengganggu hutan tersebut. Sehingga dibutuhkan pekerjaan reklamasi dan shore protection sebelum dapat membangun kilang minyak diatasnya. Namun dengan adanya canal pada perbatasan sisi timur laut area rencana, mengakibatkan timbunan reklamasi tidak dapat dibangun dengan memiliki nilai kemiringan lereng. Sehingga yang pada umumnya shore protection adalah berupa tumpukan batuan di sisi lereng (armor layer) perlu diganti dengan konstruksi turap sebagai struktur penahan beban akibat timbunan dan penahan pantainya.

Dari hasil uji lapangan didapatkan jenis tanah dasar adalah lempung lunak. Melihat kondisi tanah seperti itu maka dapat diketahui bahwa tanah dasarnya mempunyai daya dukung rendah, pemampatan yang besar, dan koefisien permeabilitas yang kecil. Daya dukung yang rendah akan menyebabkan bahaya longsor, pemampatan yang besar akan mengakibatkan tinggi pelaksanaan menjadi tidak sama dengan tinggi timbunan rencana akibat settlement, dan permeabilitas yang kecil mengakibatkan pemampatan terjadi sangat lama. Sehingga untuk mengantisipasi permasalahan tersebut dibutuhkan perbaikan dan percepatan

pemampatan tanah dasar. Pada perencanaan ini akan digunakan vertikal drain berupa PVD sebagai solusi permasalahan tersebut. PVD yang akan digunakan yaitu dengan pola pemasangan segitiga dan masa tunggu pemampatan selama 6 bulan.

Dari hasil perhitungan didapatkan tinggi pelaksanaan yang bervariasi untuk zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS dan -1.00 mLWS berturut-turut sebesar 8 m dan 9.1 m, sedangkan zona 4 elevasi ± 0.00 mLWS, -1.00 mLWS, -2.00 mLWS dan -5.00 mLWS berturut-turut sebesar 5,6 m, 6,8 m, 8 m dan 11,4. Hal ini diakibatkan besar settlement yang terjadi bervariasi antar elevasinya. Lama pemampatan yang terjadi akibat compressible soil adalah selama 75.4 tahun, sehingga pada pelaksanaannya digunakan PVD untuk mempercepat waktu pemampatan. PVD yang digunakan adalah jenis Ce Teau-Drain dengan spesifikasi lebar 100 mm dan ketebalan 5 mm. Pola pemasangan yang digunakan berupa pola segitiga dengan jarak 1,1 m dengan masa tunggu rencana selama 6 bulan. Akibat pemampatan yang terjadi didapatkan peningkatan nilai Cu dari semula 0.48 t/m^2 , setelah menggunakan PVD menjadi 1.71 t/m^2 . Untuk perencanaan shore protection digunakan tipe armor layer dengan W sebesar 6 ~ 10 kg ketebalan 30 cm dan pada secondary layer W/10 sebesar 0.6 ~ 1.5 kg dengan ketebalan 15 cm, sedangkan untuk sisi timur laut (area canal) digunakan sheet pile baha profil Z-section tipe AZ 37-700 dengan panjang kebutuhan 27 m dan 22.5 m. Untuk soil monitoring instrument digunakan alat bantu berupa settlement plate, pneumatic piezometer, dan inclinometer. Dengan total anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan proyek ini sebesar Rp 4,256,205,555,115,00.

Kata Kunci : Kota Bontang, Reklamasi, Armor layer, Sheet pile, PVD

DESIGN OF RECLAMATION AND SHORE PROTECTION IN ZONE 3 AND 4 PT BADAQ NGL

Name : Welly Nawi Berlian
Registered Number : 3114105022
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA
Ir. Fuddoly M.Sc.

Abstract

Bontang city is located in east Kalimantan, where will be built a new oil refinery. The development of this site is located between forest conservation and sea side. Because of the forest, new oil refinery will be focus to build at sea side. Which is needed reclamation and shore protection works for this. There is canal in northeast area plan, and it make reclamations work can't do with a slope. So that, we can't build armor layer for shore protection structure but it will be change with shore protection vertikal like retaining wall for the structure and protec from wave and current sea.

From the site observation, there is obtained that the type of soil in subgrade is soft clay. That means it has low bearing capacity, high compression soil, and small prmeability coefficient. Low bearing capacity can make the structure collapse, high compression soil can make consolidation settlement which the effect cause different high of embankment between implementation and planning reclamation, and small prmeability coefficient can cause time of consolidation settlement happend for a long time. For resolve the problem require improvement and acceleration of compression subgrade soil. On this planning will be used vertical drain like PVD to resolve the problem and used in triangle pattern with consolidation period for 6 month.

Based on the calculation obtained high implementation varies of embankment, in zone 3 for elevation ± 0.00 mLWS and -1.00 mLWS a row of 8 m and 9,1 m, for zone 4 for elevation ± 0.00 mLWS, -1.00 mLWS, -2.00 mLWS and -5.00 mLWS a row of 5,6 m, 6,8 m, 8 m and 11,4 m. This is due to variation of settlement in each elevation. Duration of compression that occurs is 75,4 years, so that in the execution used PVD to acceleration the compression. Type of PVD that used is Ce Teau-Drain type, with spesification, width 100 mm and thickness 5 mm. Pattern that used is triangle with a distance of 1,1 m and waiting period of consolidation for 6 month. Because of compression obtained increase in value of C_u from $0,48 \text{ t/m}^2$ to $1,71 \text{ t/m}^2$ after used the PVD. For shore protection be used armor layer with value of W 6 ~ 10 kg and thickness 30 cm, and for secondary layer be used W/10 as big as 0,6 ~ 1.5 kg and thickness 15 cm, while for northeast side (cannel area) that used sheet pile with steel profile Z-section type AZ 37-700, with length 27 m and 22.5 m. For soil monitoring use tools such as settlement plate, pneumatic piezometer and inclinometer. With a total budget required for the constrution of this project amounted 4,256,205,555,115 IDR.

Key Words : Bontang City, Reclamation, Armor Layer, Sheet Pile, PVD

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah S.W.T, atas petunjuk dan kemudahan-Nya, Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Reklamasi dan Shore Protection di Zona 3 dan 4 Tersus PT Badak NGL”, maka dari itu ucapan terima kasih saya sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA dan Ir. Fuddoly, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Faimun, M.Sc., Ph.D, selaku dosen wali.
3. Trijoko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
4. Seluruh dosen pengajar dan staff Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
5. Kedua Orangtua saya Bapak Sunarno & Ibu Windarsih serta kakak saya yang selalu mendukung dan mendoakan saya.
6. Teman – teman mahasiswa/i Jurusan Teknik Sipil FTSP Lintas Jalur ITS yang bersedia memberi masukan dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Juli 2016

Welly Nawi Berlian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Tugas Akhir	8
1.4 Lingkup Pekerjaan.....	8
1.5 Batasan Masalah.....	9
1.6 Manfaat Tugas Akhir	9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum.....	11
2.2 Analisa Parameter Dasar Tanah	11
2.3 Material Reklamasi	12
2.4 Perencanaan Tinggi Timbunan.....	13
2.4.1 Penurunan Tanah (<i>settlement</i>).....	14
2.4.2 <i>Immediate Settlement</i>	15
2.4.3 <i>Consolidation Primary Settlement</i>	17
2.4.4 Tegangan Tanah akibat Timbunan (Δp)	19
2.4.5 Waktu Pemampatan Tanah.....	21
2.4.6 Tinggi Timbunan.....	23
2.4.7 Preloading dan Surcharge.....	25
2.5 Metode Percepatan Pemampatan.....	26
2.5.1 Menentukan Kedalaman PVD.....	27
2.5.2 Menentukan Lamanya Konsolidasi	28
2.5.3 Kenaikan Daya Dukung Tanah akibat Penurunan Tanah.....	37
2.6 Perhitungan Stabilitas Tanah Dasar	37
2.6.1 Stabilitas terhadap Puncture	38

2.6.2	Stabilitas terhadap Sliding Rotasional	39
2.7	Perencanaan <i>Shore Protection</i>	41
2.7.1	Prediksi Tinggi Gelombang	41
2.7.2	<i>Armor Layer</i>	43
2.7.3	Turap Kantilever	50
2.7.3.1	Kontrol Panjang Jepit (Z_f)	53
2.7.3.2	Menentukan Profil Turap	54
2.7.3.3	Turap Berangkur dan Blok Angkur ..	55

BAB III METODEODOLOGI PENELITIAN

3.1	Bagan Alur	57
3.2	Studi Literatur	60
3.3	Pengumpulan Data	60
3.4	Analisa Data	60
3.5	Perencanaan Kemiringan Lereng Timbunan	61
3.6	Perencanaan Reklamasi	61
3.7	Kontrol Lamanya Pemampatan	61
3.8	Kontrol Stabilitas Lereng Timbunan	61
3.9	Perencanaan <i>Shore Protection</i>	62
3.10	Metode Pelaksanaan	62
3.11	Analisa Biaya	62
3.12	Kesimpulan	62

BAB IV ANALISA PARAMETER TANAH

4.1	Umum	63
4.2	Data Tanah	63
4.2.1	Pengelompokan Data Tanah Vertikal	65
4.2.2	Pengelompokan Data Tanah Horizontal	68
4.3	Korelasi Data Tanah	71
4.4	Data Tanah Timbunan	73
4.5	Stabilitas Tanah Dasar Terhadap Keruntuhan	76
4.5.1	Stabilitas Terhadap Keruntuhan Rotasional ..	76
4.5.2	Stabilitas Terhadap Keruntuhan Puncture	81

BAB V PERENCANAAN REKLAMASI

5.1	Umum.....	85
5.2	Perencanaan Tinggi Pelaksanaan Timbunan	85
5.2.1	Penentuan Tinggi Awal Pelaksanaan (H_{awal})..	86
5.2.1.1	Tinggi awal di zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS.	86
5.2.1.2	Tinggi awal di zona 3 elevasi $- 1.00$ mLWS.	92
5.2.1.3	Tinggi awal di zona 4 elevasi ± 0.00 mLWS.	93
5.2.1.4	Tinggi awal di zona 4 elevasi $- 1.00$ mLWS.	95
5.2.1.5	Tinggi awal di zona 4 elevasi $- 2.00$ mLWS.	97
5.2.1.6	Tinggi awal di zona 4 elevasi $- 5.00$ mLWS.	99
5.3	Perhitungan Lama Waktu Konsolidasi.....	101
5.3.1	Menghitung Besar Kecepatan Pemampatan (C_v).....	102
5.4	Perencanaan Prefabricated Vertikal Drain (PVD).	105
5.4.1	Jarak antar PVD	105
5.4.2	Derajat Konsolidasi Mingguan Akibat adanya PVD	111
5.5	Perencanaan Pelaksanaan Penimbunan Bertahap..	114
5.6	Kenaikan Daya Dukung Tanah akibat Pemampatan Tanah	118
5.6.1	Tegangan tanah awal.....	119
5.6.2	Penambahan Tegangan akibat Beban Bertahap (Δp)	119
5.6.3	Peningkatan Nilai C_u	120
5.6.4	Korelasi Data Tanah setelah PVD Selesai	123
5.7	Stabilitas Timbunan dan Lereng Timbunan sebelum dan setelah PVD selesai	124
5.7.1	Stabilitas Terhadap Keruntuhan Rotational setelah PVD	124
5.7.2	Stabilitas Terhadap Keruntuhan Puncture setelah PVD	127
5.8	Perencanaan Shore Protection	128
5.8.1	Lokasi Perencanaan Shore Protection	128

5.8.2	Prediksi Tinggi Gelombang (Hs)	130
5.8.3	Perencanaan Armor Layer	136
5.8.4	Perencanaan Turap.....	141
5.8.4.1	Menentukan Kedalaman Pemancangan .	141
5.8.4.2	Menentukan Profil Turap	154
5.8.4.3	Perencanaan Angkur	155
5.9	Soil Monitoring Instrumen	158
5.9.1	Peralatan dan Penempatan Peralatan Soil Monitoring	159

BAB VI METODE PELAKSANAAN DAN RAB

6.1	Umum.....	163
6.2	Metode Pelaksanaan	163
6.2.1	Pekerjaan Persiapan.....	163
6.2.2	Pembersihan Lahan	164
6.2.3	Pekerjaan Galian.....	164
6.2.4	Pemasangan Tanggul Bawah.....	165
6.2.5	Pemasangan <i>Silt Baricade</i>	165
6.2.6	Pemasangan Soil Monitoring Instrumen	166
6.2.7	Pekerjaan Penimbunan atau Pengerukan Reklamasi	167
6.2.8	Pemasangan Vertikal Drain	169
6.2.9	Pemasangan Settlement Plate	170
6.2.10	Pemasangan Horizontal drain.....	171
6.2.11	Pemasangan Geotextile	172
6.2.12	Pemasangan Shore Protection	173
6.2.13	Reklamasi bagian Atas	174
6.2.14	Pekerjaan Pemadatan.....	174
6.3	Rancangan Anggaran Biaya	175
6.3.1	Perhitungan Volume Pekerjaan	175
6.3.2	Hasil Rekap RAB Pekerjaan Reklamasi.....	183

BAB VII KESIMPULAN

7.1 Umum.....	187
7.2 Kesimpulan.....	187

GAMBAR

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Letak lokasi Kota Bontang, Kalimantan Timur .	1
Gambar 1.2	Area lokasi Perencanaan Reklamasi	2
Gambar 1.3	Data tanah hasil pengujian lapangan BSW 5	4
Gambar 1.4	Data tanah hasil pengujian lapangan BSW 6	5
Gambar 2.1	Grafik perhitungan <i>immediate settlement</i> (GIROUD, 1973)	16
Gambar 2.2	Distribusi tegangan tambahan akibat beban trapesium.....	20
Gambar 2.3	Prinsip perumusan mencari tinggi timbunan pelaksanaan (H_R).....	24
Gambar 2.4	Sketsa Penimbunan Bertahap.....	25
Gambar 2.5	Skema pemasangan <i>vertical Drain</i>	27
Gambar 2.6	Pola susunan bujur sangkar $D = 1,13 S$	30
Gambar 2.7	Pola susunan segitiga $D = 1,05 S$	30
Gambar 2.8	Diameter lingkaran ekuivalen untuk PVD	31
Gambar 2.9	Korelasi grafis antara C_v , t , u dan H_{dr}	35
Gambar 2.10	Grafik untuk mencari jarak antar PVD	36
Gambar 2.11	Sketsa bidang longsor berdasarkan BISHOP ...	40
Gambar 2.12	Nomogram Prediksi Tinggi Gelombang Signifikan (H_s).....	42
Gambar 2.13	Sketsa pemodelan kenaikan muka air akibat wave runup	46
Gambar 2.14	Grafik perhitungan tinggi wave runup (rubble- mound)	47
Gambar 2.15	Grafik indeks ketinggian gelombang pecah vs kecuraman gelombang pada laut dalam	48
Gambar 2.16	Grafik hubungan antara tinggi wave setup dengan indeks gelombang pecah	49
Gambar 2.17	Tekanan tanah pada turap kantilever yang dipancang dalam tanah kohesif	51
Gambar 3.1	Bagan alur	59
Gambar 4.1	Layout titik boring dan SPT lapangan	63
Gambar 4.2	Grafik hasil N-SPT lapangan	64

Gambar 4.3 Sketsa Rencana Reklamasi.....	74
Gambar 4.4 Layout Potongan Zonasi Area Reklamasi.....	75
Gambar 4.5 Skema Pemodelan XSTABL Muka Air Rendah	77
Gambar 4.6 Skema Pemodelan XSTABL Muka Air Tinggi .	79
Gambar 4.7 Grafik H vs SF timbunan terhadap sliding muka air rendah dan tinggi.....	80
Gambar 4.8 Grafik Nilai H vs SF timbunan terhadap Puncture	82
Gambar 4.9 Grafik SF vs H Timbunan Kondisi Tanah Natural.....	83
Gambar 5.1 Sketsa Beban Timbunan Reklamasi.....	86
Gambar 5.2 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 3 Elevasi ± 0.00 mLWS	91
Gambar 5.3 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 3 Elevasi -1.00 mLWS	93
Gambar 5.4 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 4 Elevasi ± 0.00 mLWS	95
Gambar 5.5 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 4 Elevasi -1.00 mLWS	97
Gambar 5.6 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 4 Elevasi -2.00 mLWS	99
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara H_{awal} vs H_{akhir} Zona 4 Elevasi -5.00 mLWS	101
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara $U\%$ vs t dalam tahun	104
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara C_v , masa tunggu, Hdr, dan U_v	107
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Ch , Utot, dan dw PVD	109
Gambar 5.11 Grafik Settlement akibat Beban Bertahap Zona 3 Elevasi ± 0.00 mLWS	117
Gambar 5.12 Hasil Analisa Xstabl 5.2 Zona 3 Elevasi ± 0.00 mLWS Sebelum PVD	125

Gambar 5.13	Hasil Analisa Xstabl 5.2 Zona 3 Elevasi ± 0.00 mLWS Setelah Selesai PVD	126
Gambar 5.14	Lokasi perencanaan <i>shore protection</i>	129
Gambar 5.15	(a) fetch arah timur laut, (b) fetch arah tenggara dan (c) fetch arah selatan.....	131
Gambar 5.16	Nomogram Prediksi Tinggi Gelombang Signifikan (H_s).....	135
Gambar 5.17	Grafik perhitungan wave runup (rubble mound).....	138
Gambar 5.18	Grafik indeks ketinggian pecah versus kecuraman gelombang laut dalam	139
Gambar 5.19	Grafik hubungan antara tinggi wave set up dengan indeks gelombang pecah	140
Gambar 5.20	Sketsa Struktur Turap pada Zona 4 elevasi – 5.00 mLWS	141
Gambar 5.21	Diagram Tegangan akibat Tekanan Tanah Zona 4 elevasi – 5.00 mLWS	145
Gambar 5.22	Sketsa Struktur Turap dengan do pada lapisan <i>silty sand</i>	148
Gambar 5.23	Diagram Tegangan akibat Tekanan Tanah Baru Zona 4 elevasi – 5.00 mLWS	150
Gambar 5.24	Profil sheet pile Z – section.....	154
Gambar 5.25	Sketsa penempatan tiang pancang.....	158
Gambar 5.26	Settlement Plate	160
Gambar 5.27	Pneumatic Piezometer	161
Gambar 5.28	(a) Bagian-bagian Inclinator, (b) Foto Inclinator di Lapangan.....	162
Gambar 6.1	Sketsa Pekerjaan Galian dan Timbunan.....	158
Gambar 6.2	Skema Pemasangan Tanggul Bawah	159
Gambar 6.3	Ilustrasi Pemasangan Silt Baricade	160

Gambar 6.4 Skema Pemasangan Soil Monitoring Instrument	161
Gambar 6.5 Ilustrasi Tahapan Penimbunan Area Reklamasi Segmental.....	162
Gambar 6.6 Skema Pemasangan <i>Mandrel</i> dan <i>Anchor Plate</i>	163
Gambar 6.7 Sketsa Pemancangan PVD	164
Gambar 6.8 Pemasangan Settelement Plate Baru	165
Gambar 6.9 Ilustrasi Pemasangan Horizontal Drain di Lapangan.....	166
Gambar 6.10 Sketsa Pemasangan Struktur <i>Shore Protection</i>	167
Gambar 6.11 Sketsa Pekerjaan Reklamasi Bagian Atas	168

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi n -SPT dengan Karakteristik Tanah Lainnya	12
Tabel 2.2 Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi	22
Tabel 2.3 Koefisien daya dukung berdasarkan sudut geser....	39
Tabel 2.4 Koefisien Stabilitas K_D untuk berbagai jenis butir	44
Tabel 2.5 Koefisien Lapisan	45
Tabel 2.6 Subgrade modulus k_1	53
Tabel 2.7 Besaran nilai n_h	54
Tabel 4.1 Rekap Data Tanah (boring test).....	66
Tabel 4.2 Rekap Data Nilai SPT.....	67
Tabel 4.3 Pengelompokan Tanah Berdasarkan Karakteristik Y_{sat}	69
Tabel 4.4 Rekap Hasil korelasi	72
Tabel 4.5 Rekap Hasil Nilai SF Kondisi Muka Air Rendah...	78
Tabel 4.6 Rekap Hasil Nilai SF Kondisi Muka Air Tinggi	79
Tabel 4.7 Rekap Hasil Nilai SF terhadap stabilitas <i>puncture</i> .	82
Tabel 5.1 Hasil Rekap Nilai Sc total dan H_R -H Zona 3 Elevasi ± 0.00 mLWS	90
Tabel 5.2 Hasil Rekap Nilai Sc total dan H_R -H Zona 3 Elevasi -1.00 mLWS	92
Tabel 5.3 Hasil Rekap Nilai Sc total dan H_R -H Zona 4 Elevasi ± 0.00 mLWS	94
Tabel 5.4 Hasil Rekap Nilai Sc total dan H_R -H Zona 4 Elevasi -1.00 mLWS	96
Tabel 5.5 Hasil Rekap Nilai Sc , Hawal dan Hakhir Zona 4 Elevasi – 2.00 mLWS	98
Tabel 5.6 Hasil Rekap Nilai Sc , Hawal dan Hakhir Zona 4 Elevasi – 5.00 mLWS	100

Tabel 5.7 Besaran Nilai h dan h/C_v Berdasarkan Tiap Lapisannya	102
Tabel 5.8 Besaran Waktu Pemampatan Berdasarkan Derajat Konsolidasinya	103
Tabel 5.9 Hasil Rekap Derajat Konsolidasi Total dengan Pola PVD Segitiga dan Jarak 1.1 m	113
Tabel 5.10 Hasil Rekap nilai C_u baru zona 3 dan 4 Area Reklamasi.....	121
Tabel 5.11 Hasil Statigrafi nilai C_u baru Zona 3 dan 4 Area Reklamasi.....	122
Tabel 5.12 Korelasi Data Tanah Setelah Konsolidasi Selesai	123
Tabel 5.13 Hasil Rekap Nilai Fetch Efektif.....	133
Tabel 5.14 Hasil Rekap Dimensi Armor Layer Zona 3 dan 4.....	137
Tabel 5.15 Rekap Hasil Gaya dan Momen Akibat Tekanan Tanah Aktif dan Pasif terhadap B	156
Tabel 6.1 Rancangan Anggaran Biaya.....	184
Tabel 6.2 Hasil Rekap Rancangan Anggaran Biaya.....	186

BAB I

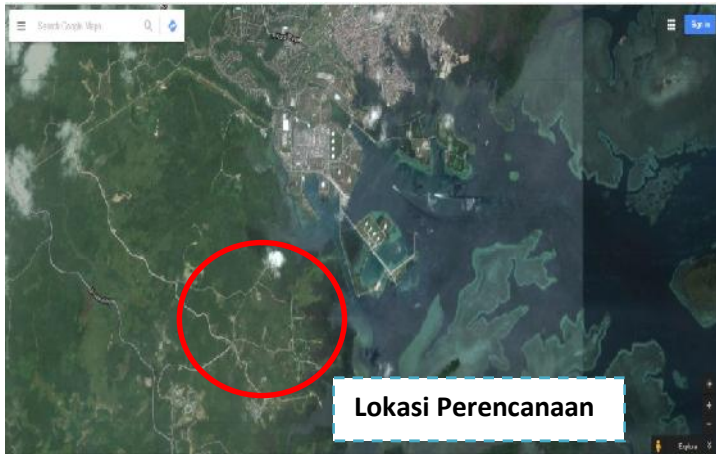
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan sumber energi khususnya dalam bentuk minyak mentah di Indonesia, PT Pertamina Persero berencana membangun beberapa kilang pengolahan minyak mentah baru yang nantinya akan dikelola oleh PT Badak LNG. Hal ini bertujuan untuk membebaskan Indonesia dari ketergantungan impor minyak mentah dalam beberapa tahun kedepan. Salah satu pengembangan kawasan dalam pembangunan kilang minyak baru ini berlokasi di Kota Bontang Kalimantan Timur. Berikut letak Kota Bontang dan area perencanaan reklamasi dalam foto satelit dapat dilihat pada **Gambar 1.1** dan **Gambar 1.2**.



Gambar 1.1 Letak lokasi Kota Bontang, Kalimantan Timur
(Sumber: google earth)



Gambar 1.2 Area lokasi Perencanaan Reklamasi
(Sumber : google earth)

Dengan kondisi permukaan laut yang lebih luas bila dibandingkan dengan luas daratan Indonesia dan kebutuhan daratan yang luas dalam pembangunan suatu kawasan baru, terkadang hal ini mengharuskan perluasan lahan terjadi di atas permukaan air/laut. Khususnya di teluk Bontang yang terdapat daerah konservasi berupa hutan lindung, menjadikan timbulnya permasalahan akan ketersediaan lahan pengembangan yang sangat sulit untuk terpenuhi. Sehingga hal ini menyebabkan perlunya pengembangan kawasan dilakukan ke arah luar daratan (laut) untuk meminimalisir pembangunan pada area konservasi. Selain itu hal ini pula merupakan bagian dari langkah revitalisasi lahan yang tidak produktif yang ada di Bontang. Oleh karena itu pembangunan reklamasi menjadi alternatif yang sangat baik untuk pengembangan kawasan baru.

Dalam proses pengolahan minyak mentah, pendinginan merupakan suatu proses yang sangat penting. Hal ini bertujuan untuk mendinginkan hasil pembakaran minyak mentah yang telah diolah. Pada unit pengolahan di PT Badak LNG ini memanfaatkan air laut sebagai media pendingin dalam proses

pendinginanya. Sehingga dibutuhkan sirkulasi air yang baik agar proses pendinginan dapat berfungsi dengan baik. Dalam sirkulasinya, laut menjadi tempat pembuangan kembali air yang sudah tidak dapat mendinginkan (air yang telah panas). Dengan adanya reklamasi, hal ini akan menjadikan luas basah laut sekitar pengolahan minyak menjadi berkurang. Sehingga waktu penetralan suhu kembali di laut menjadi bertambah dan luasan basah yang terpengaruh pemanasan air menjadi berkurang. Hal ini tidak boleh terjadi dikarenakan air panas dari buangan tersebut akan melewati sebuah celah di laut yang sempit atau saluran *canal*, sehingga reklamasi tidak boleh sampai mengurangi luasan basah di area tersebut.

Menurut salah satu definisi, reklamasi adalah suatu pekerjaan penimbunan tanah (pasir berlanau) dengan skala volume dan luasan yang sangat besar, pada suatu kawasan atau lahan yang relatif masih kosong dan berair, misalnya di kawasan pantai, daerah rawa-rawa, suatu lokasi di laut, ditengah sungai yang lebar, ataupun di danau (Wahyudi. H, 1997).

Dibutuhkannya timbunan tinggi dalam mereklamasi suatu wilayah dan akan dibangunnya bangunan struktur yang sangat berat diatasnya, mengakibatkan perlunya peninjauan terhadap kondisi tanah lokasi yang akan dibangun. Kondisi tanah Indonesia yang terdiri dari sebagian besar jenis tanah lunak sering menjadi masalah dalam pembangunan struktur bangunan seperti yang khususnya terdapat pada kondisi tanah dasar kota Bontang, dikarenakan lapisan tanah lunak memiliki sifat-sifat antara lain cenderung sangat *compressible* (mudah memampat), tahanan geser tanah rendah, dan daya dukung yang rendah. Seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1.3** dan **Gambar 1.4** berikut merupakan data tanah hasil pengujian lapangan berupa pengeboran dan SPT berturut-turut pada titik BSW5 dan BSW 6. Dimana didapat kondisi tanah lunak pada permukaan dasar terdapat rata-rata hingga kedalaman 23 - 25 m.

Tabel 3.28 : Bor and SPT 189 BSW

Bore No: BSW/5
 Project: PROYEN PERTAMABONTING (REKAYAS)
 Location: GABUNGAN BONTING PROYEN KALAMBATIMUR
 Elevation: 0.15 m LWS
 of sea bed

Coordinates of GPR (UTM) X = 6591930
 Y = 889999
 Diameter of Bore: 73 mm
 Diameter of Casing: 89 mm

BORE LOG									
DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N (50 mm)	DESCRIPTION	COLOUR	SPT Value Depth sample (Blow/30 cm)	Grain Size Analysis (%)			
						Overall (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
1		Brown	0 - 1.00 - 1.50 = 1	0.00	3.76	57.10	35.06		
2		0 - 4.00 - 4.50 = 1	0.00	3.22	53.31	41.47			
3		0 - 7.00 - 7.50 = 1	0.00	2.65	49.64	47.71			
4		0 - 12.00 - 12.50 = 1	0.00	2.73	56.81	40.46			
5		1 - 13.00 - 13.50 = 2	0.00	2.13	52.97	44.90			
6		1 - 15.00 - 15.50 = 2	0.00	0.39	63.11	36.50			
7		2 - 19.00 - 19.50 = 6	0.00	5.26	50.27	44.53			
8		2 - 22.00 - 22.50 = 8	0.00	6.30	55.43	38.27			
9		3 - 25.00 - 25.50 = 13	0.18	1.29	56.23	42.30			
10		9 - 28.00 - 28.50 = 32	0.00	13.36	54.52	31.89			
11	Clayey Silt	8 - 31.00 - 31.50 = 29	0.19	62.02	54.19	0.00			
12									
13	Gray								
14									
15	Brown								
16									
17	Gray								
18									
19	Silty Sand								
20									
21	White								
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

Gambar 1.3 Data tanah hasil pengujian lapangan BSW 5
 (Sumber : Lembaga/Instansi terkait, LPPM-ITS)

Table 5.21 : Bor and SPT data BSW6

Bore No : BSW6
 Project : PROJEK PERTAMINA BONTANG (REGLAMPA)
 Location : KAWILUPATAN BONTANG PROPINSI KALIMANTAN UTARA
 Elevation : +0.30 m LWS
 of sea level

Coordinates of GPS (UTM) : X = 855473
 Y = 800733
 Diameter of Bore : 75 mm
 Diameter of Casing : 85 mm

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N (50 cm)	DESCRIPTION	COLOUR	SPT value Depth sample (Blow/30 cm)	Grain Size Analysis (%)			
						Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
0		0							
1		10	Silt Sand, Clay	Brown	0 - 0.00 ± 1.50 m	3.43	57.90	37.54	21.63
2		10							
3		10	Silty Sand	Grey	0 - 0.00 ± 4.50 m	4.44	43.16	30.90	14.80
4		10							
5		10							
6		10							
7		10		Brown	0 - 0.00 ± 7.50 m	0.00	3.56	51.54	44.90
8		10							
9		10							
10		10			0 - 0.00 ± 10.50 m	5.76	10.83	50.36	32.73
11		10							
12		10	Clayey Silt		1 - 1.00 ± 13.50 m	0.20	2.96	34.74	42.30
13		10							
14		10			1 - 1.00 ± 15.00 m	0.09	1.35	38.35	39.71
15		10		Grey					
16		10			1 - 1.00 ± 19.50 m	0.22	0.99	53.12	45.68
17		10							
18		10							
19		10							
20		10							
21		10							
22		10	Silt Sand, Clay	Gray / White	2 - 2.00 ± 22.50 m	0.29	34.18	44.30	18.93
23		10							
24		10							
25		10			2 - 2.00 ± 25.50 m	0.00	39.44	36.30	23.76
26		10							
27		10	Clayey Silt	White	7 - 7.00 ± 29.50 m	0.00	51.03	8.57	0.00
28		10							
29		10							
30		10			7 - 7.00 ± 31.50 m	0.00	53.63	6.57	0.00
31		10							

Gambar 1.4 Data tanah hasil pengujian lapangan BSW 6
 (Sumber : Lembaga/Instansi terkait, LPPM-ITS)

Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada tanah lunak adalah penurunan muka tanah. Penurunan muka tanah ini diakibatkan oleh pemampatan tanah dasar yang terjadi karena beban struktur yang dibangun di atasnya, hal ini akan

menyebabkan bangunan struktur di atasnya mengalami kegagalan struktur.

Perbaikan tanah yang relatif lebih mudah dilaksanakan di lapangan untuk reklamasi adalah *preloading*. *Preloading* merupakan suatu metoda yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Metode ini bekerja dengan cara memampatkan tanah dengan memberikan beban awal berlebih atau menyerupai beban konstruksi bangunan yang akan dibangun di atas tanah dasar yang akan diperbaiki. Pemberian beban ini akan mempercepat keluarnya air pori dalam tanah dasar, sehingga pemampatan tanah pun dapat dengan cepat terjadi. Permeabilitas tanah lunak yang sangat kecil mengakibatkan air pori membutuhkan waktu yang sangat lama untuk keluar. Sehingga dibutuhkan usaha untuk mempercepat proses pemampatan, salah satu yang dapat digunakan yaitu dengan memasang *prefabricated vertical drain*. Dengan begitu kombinasi antara *preloading* dan *prefabricated vertical drain* akan sangat membantu dalam mempercepat terjadinya pemampatan tanah lunak yang biasanya terjadi hingga puluhan bahkan ratusan tahun lamanya.

Prefabricated Vertical Drain (PVD) adalah lembaran plastik untuk drainase vertikal yang panjang dan berkantung yang merupakan kombinasi antara bahan inti (core) *polypropylene* berkekuatan mekanik tinggi dan lapisan pembungkus dari bahan geotekstil. PVD ini berfungsi untuk mempercepat proses konsolidasi tanah, terutama pada jenis tanah lempung (clay) atau lanau (silty clay). PVD ditanam secara vertikal ke dalam tanah untuk mengalirkan air dari lapisan tanah dasar ke permukaan.

Dikarenakan reklamasi merupakan kegiatan penimbunan di daerah berair, tidak menutup kemungkinan akan banyak gangguan luar yang akan merusak material reklamasi. Di daerah pantai pada umumnya gangguan luar yang mungkin terjadi dapat berupa arus dan gelombang. Sehingga dibutuhkan konstruksi tambahan yang difungsikan untuk melindungi material reklamasi tersebut, konstruksi ini biasa disebut dengan *shore protection*. Namun, khususnya pada sisi timur laut pada area reklamasi

terdapat sebuah saluran (canal) pembuangan air hasil proses pendinginan pengolahan minyak. Oleh karena itu luasan basah saluran (canal) tersebut harus diminimalisir pengurangan luasan basahnya akibat adanya reklamasi, sehingga akan direncanakan *shore protection* yang ramah terhadap lingkungan. Dalam hal ini ramah terhadap lingkungan, yaitu berupa pengoptimalan dalam pemilihan sisi miring dari tanggul *shore protection*.

Untuk itu studi ini akan merencanakan reklamasi pantai dan *shore protection* vertikal pada sisi timur laut dan *armor layer* pada sisi lainnya. Untuk perbaikan tanah dasar akan digunakan metode *preloading* yang dikombinasikan dengan *vertical drain*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan dalam merencanakan reklamasi laut dalam upaya pengembangan kawasan untuk pembangunan kilang minyak mentah di Kota Bontang khususnya zona 3 dan 4 antara lain:

1. Berapa tinggi timbunan reklamasi yang harus dilaksanakan dilapangan untuk mencapai tinggi rencana, akibat terjadinya pemampatan tanah.
2. Berapa lama waktu pemampatan yang dibutuhkan tanah dasar untuk mencapai derajat konsolidasi 90%.
3. Berapa jarak pemasangan PVD yang dibutuhkan, jika direncanakan menggunakan pola pemasanga segitiga dengan masa tunggu pemampatan selama enam bulan.
4. Berapa besar *safety factor* sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan tanah dengan PVD terhadap stabilitas tanah dasar.
5. Berapa dimensi *shore protection* yang diperlukan untuk melindungi tanah timbunan akibat gangguan gelombang, baik pada struktur *armor layer* dan turap.
6. Bagaimana metode yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan reklamasi, termasuk penempatan instrumen *soil monitoring* nya.
7. Berapa biaya yang diperlukan dalam pembangunan proyek reklamasi ini.

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tinggi timbunan yang harus dilaksanakan di lapangan untuk mengantisipasi dampak dari penurunan muka tanah akibat pemampatan (*settlement*), agar timbunan dapat mencapai tinggi akhir yang direncanakan.
2. Mengetahui waktu pemampatan yang terjadi pada tanah dasar hingga mencapai derajat konsolidasi 90%.
3. Menentukan jarak antar PVD dengan menggunakan pola pemasangan segitiga dan waktu tunggu pemampatan selama enam bulan.
4. Mengetahui besaran nilai *safety factor* kondisi natural dan kondisi setelah mengalami pemampatan.
5. Menentukan dimensi yang dibutuhkan setiap jenis *shore protection*, baik armor layer maupun turap.
6. Merencanakan metode pelaksanaan pekerjaan reklamasi, termasuk *soil monitoring* nya.
7. Merencanakan analisa anggaran biaya dari pekerjaan yang direncanakan.

1.4 Lingkup Pekerjaan

Adapun lingkup pekerjaan yang akan dilakukan dalam pelaksanaan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Merencanakan tinggi timbunan pelaksanaan reklamasi dengan memperhitungkan besaran pemampatan pada tanah dasar, khususnya pada zona 3 dan 4.
2. Menghitung lama waktu pemampatan yang terjadi akibat adanya beban dari timbunan reklamasi.
3. Menghitung kebutuhan jarak antar PVD yang dibutuhkan dengan menggunakan pola pemasangan segitiga dan masa tunggu penggunaan selama enam bulan.
4. Menghitung besar *safety factor* akibat stabilitas tanah dasar pada kondisi natural dan setelah terjadi pemampatan.

5. Menghitung *shore protection*, baik vertikal dengan menggunakan turap maupun dengan *armor layer* yang memiliki kemiringan nilai *slope*.
6. Merencanakan metode pelaksanaan yang cocok untuk digunakan dalam pelaksanaan reklamasi dan *shore protection* yang telah direncanakan beserta penempatan instrumen *soil monitoring*.
7. Menganalisa harga dari pekerjaan yang ada akibat pembangunan reklamasi dan *shore protection*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Tidak mengevaluasi layout dan denah pelabuhan.
2. Hanya merencanakan reklamasi dan *shore protection* pada zona 3 dan 4.

1.6 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai bahan masukan yang berguna dan referensi untuk perencanaan reklamasi kilang minyak mentah kota Bontang, dan reklamasi laut pada umumnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa teori yang akan digunakan sebagai acuan dalam perencanaan reklamasi kilang pengolahan minyak mentah PT Pertamina Persero di Kota Bontang. Berikut beberapa teori yang akan digunakan :

1. Analisa parameter tanah
2. Material Reklamasi
3. Perhitungan Penurunan Tanah atau *Settlement*
4. Metode percepatan pemampatan
5. Perhitungan Stabilitas tanah dasar
6. Perhitungan *Shore Protection*

2.2 Analisa Parameter Dasar Tanah

Analisa parameter tanah ini bertujuan untuk mengelompokkan jenis tanah yang beragam dilapangan menjadi beberapa jenis dengan pendekatan statistik sederhana. Dasar pengelompokanya yaitu dengan cara membuat statigrafi nilai parammeter tanah dari beberapa data hasil uji lapangan.

Pendekatan statistik yang digunakan yaitu mengambil keputusan berdasarkan besar *coefisien variasi* (CV) dari suatu distribusi nilai parameter tanah. Berikut merupakan perumusan yang dapat digunakan:

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata} &= U = \frac{\sum_{n=1}^n x}{n} \\ \text{Standar Deviasi} = STD &= \sqrt{\frac{\sum (x-U)^2}{n}} \\ \text{Koefisien Variasi} &= CV = \frac{STD}{U} \times 100\%\end{aligned}$$

Dimana distribusi sebaran suatu nilai dapat diterima jika harga koefisien variasi dari sebaran tersebut antara 10-20%. Jika nilai sebaran tersebut >20%, maka harus dilakukan pembagian layer kembali. Pembagian layer tanah dapat dilakukan berdasarkan nilai korelasi terhadap N-SPT seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Korelasi n-SPT dengan Karakteristik Tanah Lainnya (J.E Bowles, 1984 dalam Wahyudi, 1999)

<i>Cohesionless Soil</i>					
N (<i>blows</i>)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
γ (kN/m ³)	-	12-16	14-18	16-20	18-23
ϕ (°)	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
<i>Cohesive Soil</i>					
N (<i>blows</i>)	<4	4-6	6-15	16-25	>25
γ (kN/m ³)	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu (kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Tabel 2.1 akan digunakan dalam pengelompokan tanah secara vertikal dengan melihat keseragaman antar konsistensi tanahnya. Sedangkan pengelompokan secara horizontal dilakukan menggunakan nilai parameter-parameter tanah yang telah didapatkan dari hasil pengujian lapangan.

2.3 Material Reklamasi

Sumber material timbunan dapat diperoleh dari beberapa tempat, seperti daratan (bukit/gunung), dasar laut, pulau tertentu, dan lain-lain. Sebelum digunakan suatu sumber material harus dilakukan survey untuk melihat kualitas material dan jumlah yang tersedia dilapangan.

Material reklamasi ini dipilih bertujuan untuk mencari material yang baik untuk dijadikan bahan timbunan. Material ini tidak boleh berupa pasir halus berbutir homogen 100%, atau material yang kandungan lempungnya terlalu banyak atau lebih dari 20%. Jika material pasir homogen digunakan dan terjadi gempa, maka akan menyebabkan tegangan air pori meningkat dalam tanah, sehingga hal ini akan memperkecil kuat geser material (pasir) atau yang sering disebut dengan *liquefaction*. Sedangkan jika material lempung terlalu besar, akan mengakibatkan kembang susut yang besar, pemampatan yang besar, daya dukung yang besar, dan lain-lain. Oleh karena itu diperlukan persyaratan khusus untuk material reklamasi.

Menurut Wahyudi (1997) untuk persyaratan teknis material tersebut dapat disederhanakan atau dibuat praktis, menjadi:

1. Berupa tanah pasir bercampur kerikil dan sedikit lanau.
2. Harus bersih dan bebas dari bahan organis dan kotoran.
3. Diameter butiran maksimum 20 mm.
4. Prosentase material berdiameter halus yaitu yang lebih kecil dari 0.08 mm, adalah lebih kecil dari 20%.
5. Relative Density (D_r) timbunan minimum = 80 % untuk zone diatas muka air pasang, dan minimum = 60 % pada zone dibawah muka air pasang.
6. Koefisien permeabilitas (k) minimum = 1×10^{-5} m/s.

Pada perencanaannya material yang akan digunakan dalam pelaksanaan reklamasi ini diperoleh dari lingkungan sekitar proyek, yaitu bukit disekitar barat laut.

2.4 Perencanaan Tinggi Timbunan

Tinggi timbunan pada saat pelaksanaan reklamasi umumnya tidak akan sama dengan tinggi timbunan yang direncanakan. Tinggi pada saat pelaksanaan haruslah lebih tinggi dari tinggi rencana, hal ini dimaksudkan

untuk menambah tinggi yang hilang akibat adanya penurunan tanah dasar yang disebabkan berat timbunan itu sendiri. Disamping itu tinggi timbunan saat pelaksanaan juga tergantung oleh metoda pelaksanaanya, jika penimbunan dilakukan secara bertahap maka penentuan tinggi pelaksanaanpun harus mengikuti metode tersebut dengan ketentuan besar penurunan tanah yang terjadi tetap harus diperhitungkan. Berikut merupakan beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam penentuan tinggi timbunan dengan metoda penimbunan secara bertahap:

1. Adanya tinggi kritis timbunan yang disebabkan stabilitas tanah dasar terhadap kelongsoran.
2. Akibat adanya pemasangan PVD

2.4.1 Penurunan Tanah (*settlement*)

Penambahan beban di atas permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah bawahnya (tanah dasar) mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lainnya. Menurut Das (1988) secara umum, penurunan/*settlement* pada dasar tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Penurunan Segera (*Immediate Settlement*)
Merupakan penurunan tanah akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.
2. Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*)
Merupakan hasil dari penurunan bahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Dimana pada penurunan ini terjadi tiga tahap pemampatan :

- a. *Tahap I* : Pemampatan awal (initial compression), yang pada umumnya disebabkan oleh pembebanan awal (preloading).
- b. *Tahap II* : Konsolidasi Primer (primary consolidation), yaitu periode selama tekanan air pori secara lambat laun dipindahkan ke dalam tegangan efektif, sebagai akibat dari keluarnya air dari pori-pori.
- c. *Tahap III* : Konsolidasi Sekunder (secondary consolidation), yang terjadi setelah tekanan air pori hilang seluruhnya. Pemampatan yang terjadi di sini adalah disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

Pada perhitungan perencanaan ini, jenis pemampatan yang diperhitungkan adalah *immediate settlement* dan *consolidation settlement (primer)*. Adapun alasan untuk tidak memperhitungkan *secondary consolidation* adalah sebagai berikut :

1. Besar pemampatan yang diakibatkan sangat kecil dibandingkan dengan *primery consolodation*.
2. Proses *secondary consolidation* berlangsung sangat lama.

2.4.2 *Immediate Settlement*

Giroud (1973), menyajikan metode perhitungan besarnya penurunan tanah segera dari suatu timbunan tanah di atas lapisan *compresible soil*.

$$Si = \frac{\gamma \cdot H}{E} \cdot \frac{a^2}{a - a'} \cdot \left[r_H - \left(\frac{a'}{a} \right)^2 \cdot r_{H'} \right]$$

dimana :

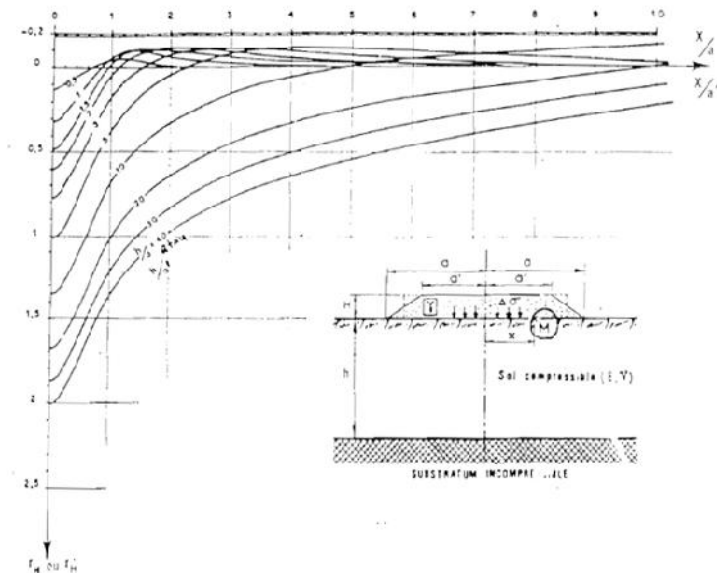
Si : Immediate settlement di titik M, sejarak x dari sumbu vertical symetris timbunan reklamasi

a,a' : lihat **Gambar 2.1**

H : tinggi timbunan reklamasi

γ : berat volume material timbunan reklamasi
 $r_H, r_{H'}$: koefisien yang diperoleh dari grafik pada Gambar 2.1 dengan langkah sebagai berikut :
 r_H diperoleh dari h/a dan x/a
 $r_{H'}$ diperoleh dari h/a' dan x/a'
 E : Modulus elastisitas dari **young** :

- Lempung lunak, $E = 1380 - 3450 \text{ KN/m}^2$, $\mu = 0,15 - 0,25$
 - Lempung keras, $E = 5865 - 13800 \text{ KN/m}^2$, $\mu = 0,2 - 0,5$
 - Pasir lepas, $E = 10350 - 27600 \text{ KN/m}^2$, $\mu = 0,2 - 0,4$
 - Pasir padat, $E = 34500 - 69000 \text{ KN/m}^2$, $\mu = 0,25 - 0,45$
- Dimana μ = koef poisson



Gambar 2.1 Grafik perhitungan *immediate settlement* (GIROUD, 1973)

2.4.3 Consolidation Primary Settlement

Suatu tanah di lapangan pada suatu kedalaman tertentu telah mengalami “tekanan efektif maksimum akibat berat tanah di atasnya” (maximum effective overburden pressure) dalam sejarah geologisnya. Tekanan efektif overburden ini mungkin sama dengan atau lebih kecil dari tekanan overburden yang ada pada saat pengambilan contoh tanah. Sehingga dalam Das (1988) mendefinisikan hal ini menjadi dua jenis tegangan berdasarkan pada sejarahnya:

1. Terkonsolidasi secara normal (normally consolidated), dimana tekanan efektif overburden pada saat ini adalah merupakan tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah itu.

Sehingga untuk (NC Soil) dapat dibuat persamaan menjadi:

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

2. Terlalu terkonsolidasi (overconsolidated), dimana tekanan efektif overburden pada saat ini adalah lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah itu sebelumnya. Tekanan efektif overburden maksimum yang pernah dialami sebelumnya dinamakan *tekanan prakonsolidasi* (preconsolidation pressure).

Sehingga untuk (OC Soil) dapat dibuat persamaan menjadi:

- a. Apabila, $p_o + \Delta p \leq p_c$:

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right)$$

- b. Sedangkan bila, $p_o + \Delta p > p_c$:

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \left(\frac{p_o + \Delta p}{p_c} \right)$$

Dimana :

- Sc : pemampatan konsolidasi
 H : tebal lapisan tanah (compressible soil)
 e₀ : angka pori awal dari lapisan tanah
 C_c : Compression Index dari lapisan tanah
 C_s : Swelling Index dari lapisan tanah
 Po' : tekanan tanah vertikal efektif disuatu titik di tengah-tengah lapisan tanah akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut
 Pc' : *effective past overburden pressure*, tegangan konsolidasi effective dimasa lampau

Stas dan Kulhawy (1984), menyajikan perumusan korelasi besaran nilai Pc' berdasarkan *liquidity index*.

$$P_c = 10^{(1.11 - 1.62LI)} \times P_a$$

dimana:

- Pa : Tegangan atmospheric (100 kN/m²)
 LI : Liquidity Index

$$LI = \frac{W_c - W_p}{IP}$$

Pada umumnya, apabila tidak tersedia data konsolidasi hasil percobaan di laboratorium, persamaan jenis *undisturbed* sering digunakan untuk menghitung konsolidasi primer yang terjadi di lapangan. Berikut merupakan beberapa perumusan korelasi untuk mendapatkan nilai C_c dalam Wahyudi, 1997 :

- C_c = 0.009 (W_L - 13) (Biarez & Favre)
 C_c = 0.007 (W_L - 7) (skemton, remolded clay)
 C_c = 1.15 (e₀ - 0.35) (All clay)
 C_c = 0.30 (e₀ - 0.27) (Inorganic cohesive soil)
 C_c = 0.0115 W_N (Organic soil, peats, dll)

$C_c = 0.009 (W_L - 1.0)$ (Normally consolidated clay)

$C_c = 0.75 (e_0 - 0.5)$ (Soil with low plasticity)

$C_c = 0.156 e_0 + 0.0107$ (all clay)

Dimana :

e_0 = angka pori tanah dilapangan

W_N = kadar air lapangan (natural)

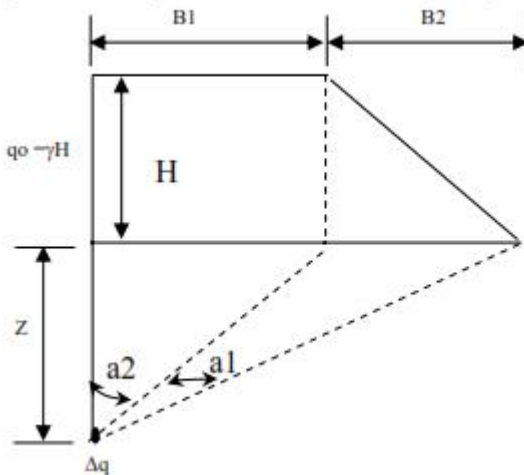
Sedangkan untuk indeks pemuaian (C_s), biasanya dapat ditentukan di laboratorium. Pada umumnya menurut Das (1988):

$$C_s \cong \frac{1}{5} \text{ sampai } \frac{1}{10} C_c$$

2.4.4 Tegangan Tanah akibat Timbunan (Δp)

Penambahan tegangan ini biasanya diakibatkan oleh beban yang terjadi di atas permukaan tanah dasar sebesar Δp . Dalam pembahasan ini yang akan mengakibatkan penambahan tegangan berupa tanah timbunan reklamasi yang akan ditimbun diatasnya. Dikarenakan besar pembebanan yang akan diterima tiap lapisan tanah dasar akan berbeda, sehingga diperlukan peninjauan terhadap besarnya pembebanan ini.

Besar beban luar yang berupa timbunan dapat ditentukan dengan persamaan beban trapesium. Besarnya Δp pada kedalaman z menimbulkan tegangan tambahan yang diperhitungkan menggunakan perumusan seperti berikut. *Das, 1990*



Gambar 2.2 Distribusi tegangan tambahan akibat beban trapesium
(sumber: Das 1990)

Terlihat pada **Gambar 2.2** skema distribusi penambahan akibat beban trapesium terhadap kedalaman tanah yang ditinjau (z). Dimana penambahan ini didasarkan pada ketinggian (H), jenis tanah timbunan (γ), dan lebar timbunan (B) yang membentuk sudut (a). Sehingga dapat diubah dalam bentuk persamaan menjadi seperti berikut.

$$\Delta p = q_0 / \pi [\{ (B_1 + B_2) / B_2 \} (a_1 + a_2) - B_1 / B_2 (a_2)]$$

dimana:

- Δp : besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan ditinjau di tegan- tengah lapisan (t/m^2).
- q_0 : beban timbunan (t/m^2)
- a_1 : $\tan^{-1} \{ (B_1 + B_2) / z \} - \tan^{-1} (B_1 / z)$ (radian)
- a_2 : $\tan^{-1} (B_1 / z)$ (radian)
- B_1 : $1/2$ lebar timbunan

B_2 : panjang proyeksi horisontal kemiringan timbunan

2.4.5 Waktu Pemampatan Tanah

a. Lamanya Pemampatan Tanah

Dari perumusan-perumusan Terzaghi dalam Das (1988) lama waktu konsolidasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t = \frac{T_v \times H_{dr}^2}{c_v}$$

Dimana :

t : lamanya waktu konsolidasi

T_v : Faktor waktu terhadap derajat konsolidasi (tabel 2.2)

C_v : koefisien konsolidasi vertikal (cm^2/s)

H_{dr} : panjang aliran air pori dalam tanah. Pada perumusannya hal ini dibedakan menjadi dua jenis, $1/2H_{dr}$: dimana arah aliran air pori dua arah (ke atas dan ke bawah)

H_{dr} : dimana arah aliran air pori satu arah (ke atas atau ke bawah)

b. Parameter Tanah untuk Lamanya penurunan Konsolidasi

- Faktor Waktu

Merupakan fungsi dari derajat konsolidasi rata-rata ($U\%$) dimana tegangan air pori (u_o) adalah sama untuk seluruh keadaan lapisan yang mengalami konsolidasi. Dalam Das (1988), hal ini dapat dinyatakan dengan suatu hubungan yang sederhana :

Untuk $U = 0$ sampai 60% ,

$$T_v = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U\%}{100} \right)^2$$

Untuk $U > 60\%$, $T_v = 1,781 - 0,933 \log(100 - U\%)$

Dari perumusan tersebut, Das (1988) menyajikanya dalam tabel berupa variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi untuk seluruh kedalaman lapisan. Untuk besaran faktor waktu disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi (Das, 1988)

Derajat Konsolidasi U%	Faktor waktu (Tv)
0	0
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,197
60	0,287
70	0,403
80	0,567
90	0,848
100	∞

- Koefisien konsolidasi vertikal (C_v)
Untuk jenis tanah heterogen, yang memiliki jenis tanah dan nilai C_v yang berbeda antar lapisannya harus diperhitungkan koefisien rata-ratanya. Menurut ABSI (1965) dalam Wahyudi (1997), hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{v_{rata-rata}} = \frac{(\sum h_i)^2}{\left(\sum \frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}}\right)^2}$$

Dimana:

h_i : tebal lapisan i

C_{vi} : harga C_v dilapisan i

2.4.6 Tinggi Timbunan

Tinggi timbunan pada perencanaan ini akan dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu tinggi timbunan rencana, tinggi timbunan pelaksanaan dan tinggi timbunan kritis.

Tinggi timbunan rencana (H_{final}) adalah tinggi akhir dari permukaan tanah timbunan yang direncanakan. Biasanya didapatkan dari gambar rencana proyek, dimana ketinggian ini diambil dari elevasi permukaan tanah dimana akan dibangunnya bangunan konstruksi.

$$H_{akhir} = H_{awal} - Sc$$

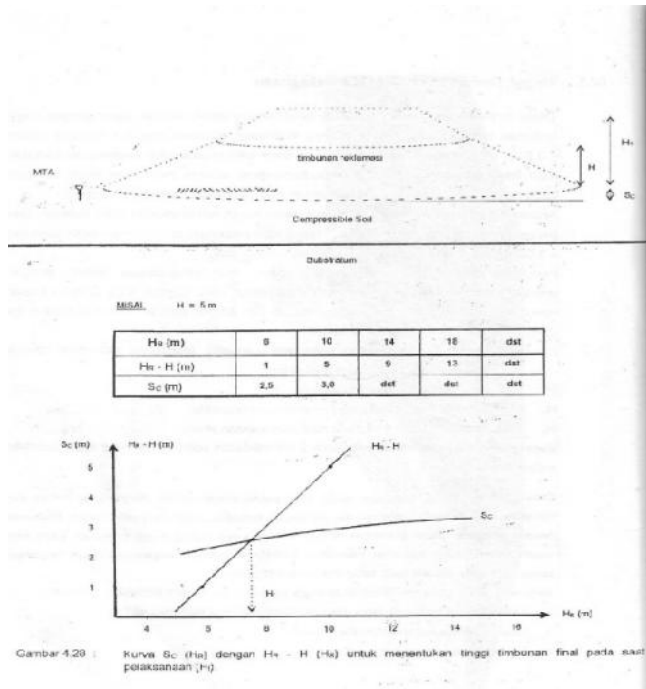
Tinggi timbunan pelaksanaan ($H_{inisial}$) berbeda dengan tinggi timbunan rencana, hal ini dikarenakan kondisi tanah dasar yang akan memampat akibat beban timbunan yang akan dibangun di atasnya. Oleh karena itu tinggi pelaksanaan ini perlu ditambahkan dengan besar pemampatan *settlement* pada tanah dasar. Tinggi timbunan ini dapat perhitungkan dengan cara membuat grafik potongan antara kurva Sc versus H_R dengan kurva $H_R - H$ versus H_R , dimana:

Sc : besar konsolidasi yang terjadi

H : tinggi timbunan rencana

H_R : tinggi pelaksanaan (variasi)

Berikut pada **Gambar 2.3** merupakan contoh pemodelan dalam perhitungan tinggi pelaksanaan (H_R) dalam Teknik Reklamasi (Wahyudi, 1997).



Gambar 2.3 Prinsip perumusan mencari tinggi timbunan pelaksanaan (H_R)
(Sumber: Teknik Reklamasi, Wahyudi 1997)

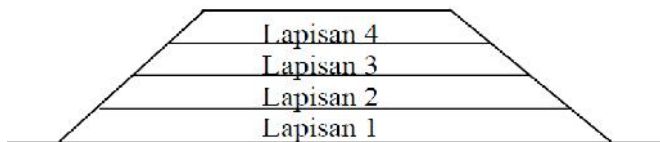
Tinggi kritis merupakan tinggi maksimal dari timbunan yang dapat dilaksanakan berdasarkan dari kemampuan daya dukung tanah dasar menerima beban timbunan setinggi yang dilaksanakan. Hal ini perlu diperhatikan untuk mencegah terjadinya bahaya *sliding* pada tanah dasar. Tinggi timbunan ini didapat melalui analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan program "xstabl".

2.4.7 Preloading dan Surcharge

Preloading merupakan salah satu upaya perbaikan daya dukung tanah dengan cara memberikan beban pada tanah dasar, sehingga mempercepat terjadinya pemampatan tanah. Dengan dimampatkannya tanah dasar, air pori dalam tanah akan keluar sehingga pori tanah akan mengecil dan meningkatkan daya dukungnya. *Preloading* dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya:

1. *Surcharge*, muka tanah dibebani oleh beban biasanya menggunakan tanah timbunan.
2. *Dewatering*, mengeluarkan air pori dengan memompanya keluar sehingga tanah dasar terbebani oleh berat sendirinya akibat dari hilangnya tekanan air pori pada tanah.
3. *Vacuming*, metoda ini menggunakan prinsip yang hampir sama dengan *dewatering*, namun pada metoda ini tanah akan diberi tekanan tertentu untuk mengeluarkan air tanahnya.

Pada perencanaan ini akan digunakan *preloading* jenis *surcharge*, dimana tanah dasar akan dibebani dengan beban timbunan yaitu dengan menggunakan tanah timbunan itu sendiri. Dikarenakan pada saat pelaksanaan penimbunan diperlukan pekerjaan pemadatan, oleh karena itu pekerjaan penimbunan tidak dapat dilakukan secara sekaligus untuk mencapai tinggi pelaksanaan melainkan diperlukanya penimbunan bertahap.



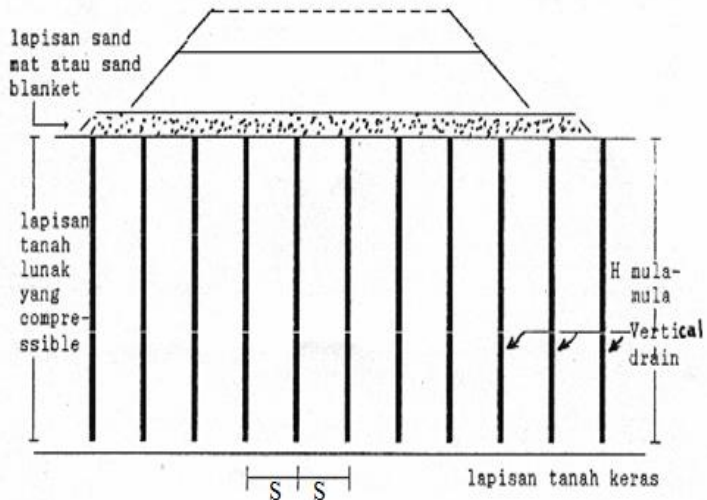
Gambar 2.4 Sketsa Penimbunan Bertahap

Pada **Gambar 2.4** dijelaskan bahwa tinggi timbunan terdiri dari beberapa lapisan, dimana lapisan tersebut merupakan proses pentahapan pelaksanaan dalam penimbunan. Penentuan penambahan tinggi timbunan pada preloading sistem bertahap :

- Memperhatikan kecepatan penimbunan yang dapat dilaksanakan di lapangan, misalnya 50 cm/minggu.
- Bila $H_{\text{inisial}} < H_{\text{kritis}}$, maka penimbunan dapat dilakukan tanpa waktu tunda. Namun bila $H_{\text{inisial}} > H_{\text{kritis}}$, maka penimbunan bertahap harus diletakan berdasarkan peningkatan daya dukung lapisan tanah dasarnya. Peningkatan daya dukung ini bertujuan untuk mencegah terjadinya bahaya *sliding* pada tanah dasar.
- Menghitung peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan yang terjadi karena penimbunan bertahap (peningkatan C_u).
- Menetapkan H_{kritis} baru akibat peningkatan nilai C_u .

2.5 Metode Percepatan Pemampatan

Pada tanah lempung dan lanau proses pemampatan tanah terjadi sangat lama, bahkan dapat berlangsung hingga puluhan bahkan ratusan tahun. Hal ini dikarenakan pada jenis tanah ini memiliki derajat kejenuhan yang tinggi dan permeabilitas yang rendah. Sehingga diperlukanya perbaikan tanah untuk dapat mempercepat terjadinya keluarnya air pori dalam tanah. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memperbesar permeabilitas tanah dengan menggunakan *vertical drain*. Berikut merupakan sketsa pemasangan *vertical drain*.



Gambar 2.5 Skema Pemasangan *Vertical Drain*
(Mochtar, 2012)

Pada **Gambar 2.5** diperlihatkan skema pemasangan vertikal drain dan horizontal drain yang berupa lapisan pasir. Penggunaan vertikal drain ini berupa *prevabricated veertikal drain* dengan kedalaman dan panjang tertentu, sedangkan untuk lapisan pasir biasanya digunakan dengan ketebalan 30~50 cm.

2.5.1 Menentukan Kedalaman PVD

Dikarenakan adanya batasan dalam pelaksanaan pemancangan PVD, mengakibatkan diperlukannya beberapa pertimbangan untuk menentukan kedalaman pemancangannya. Berikut merupakan pertimbangan penggunaan panjang kedalaman pemasangan PVD.

1. Pemasangan PVD dihentikan jika ditemukan lapisan pasir pada kedalaman tanah dasar. Hal ini dikarenakan lapisan pasir tidak mengalami

konsolidasi primer, sehingga tidak dibutuhkan percepatan pemampatan menggunakan PVD.

2. Pemasangan PVD dihentikan jika ditemukan lapisan tanah lempung dengan $N-SPT \geq 16$ *stiff clay*. Hal ini dikarenakan pemampatan pada lapisan tersebut sangat kecil, sehingga tidak dibutuhkan percepatan pemampatan.
3. Berdasarkan kemampuan alat yang digunakan, dikarenakan setiap alat memiliki kapasitas yang berbeda, sehingga memiliki kemampuan pemancangan yang berbeda pula. Kemampuan alat pancang berupa statik rig hanya mampu hingga kedalaman 60m.

2.5.2 Menentukan Lamanya Konsolidasi

Sistem drainase vertikal telah dijelaskan oleh Baron (1948) berdasarkan teori aliran arah vertikal yang menggunakan asumsi Terzaghi tentang konsolidasi linear satu dimensi. Teori Barron menjelaskan beberapa anggapan, yaitu:

1. Lempung jenuh air dan homogen.
2. Semua regangan tekan (compressive strain) dalam tanah bekerja arah vertikal.
3. Aliran air pori horizontal, tidak ada aliran arah vertikal.
4. Kebenaran hukum Darcy tentang koefisien permeability (k) pada semua lokasi.
5. Air dan butiran tanah relatif tak termampatkan dibandingkan dengan kemampumampatan struktur susunan partikel tanah lempung.
6. Beban tambahan pada mulanya diterima oleh air pori sebagai tegangan air pori (u).
7. Pada *vertical drain* tidak terjadi tegangan pori yang melebihi tegangan hidrostatik.
8. Daerah pengaruh aliran dari setiap drain berbentuk silinder.

Teori ini menetapkan hubungan antara waktu, diameter, jarak antar drain, koefisien konsolidasi dan rata-rata derajat konsolidasi. Pernentuan waktu konsolidasi dari teori ini dapat dibuat persamaan sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \times Ch} \right) \times F(n) \times \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{u}_h} \right)$$

Dimana :

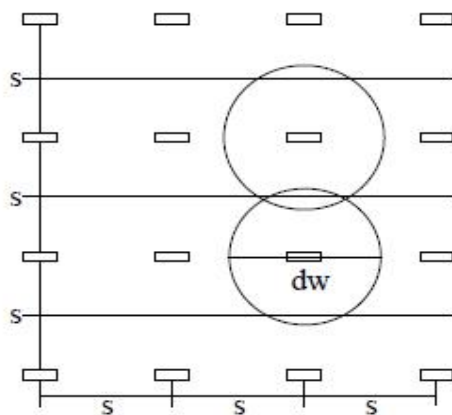
t : waktu yang diperlukan untuk mencapai U_h
 D : diameter pengaruh dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertikal drain* :

1.13 x S, untuk pola susunan bujursangkar,

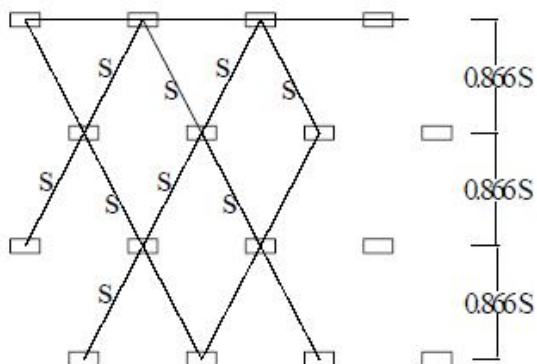
Gambar 2.7

1.05 x S, untuk pola segitiga, **Gambar 2.6**

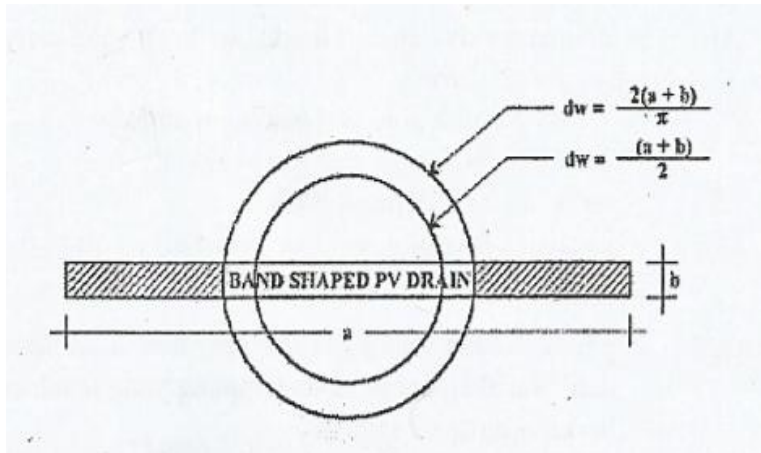
C_h : koefisien konsolidasi tanah untuk drainase horizontal
 \bar{u}_h : derajat konsolidasi tanah rata-rata pada kedalaman z akibat drainase horizontal



Gambar 2.6 Pola susunan bujur sangkar $D = 1,13.S$
(Mochtar, 2012)



Gambar 2.7 Pola susunan segitiga $D = 1,05.S$ (Mochtar, 2012)



Gambar 2.8 Diameter lingkaran ekuivalen untuk PVD
(Mochtar, 2012)

Fungsi $F(n)$ merupakan fungsi hambatan akibat jarak antar titik pusat PVD, oleh Hansbo (1979) dalam Mochtar (2012) harga $F(n)$ didefinisikan sebagai berikut :

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \right]$$

atau

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

dimana:

n : D/dw

dw : diameter ekuivalen dari *vertikal drain* (equivalen terhadap bentuk lingkaran), **Gambar 2.8**

Pada umumnya $n > 20$ sehingga dapat dianggap $1/n = 0$

dan $\left(\frac{n^2}{n^2 - 1} \right) \approx 1$;

Jadi:

$$F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4}, \text{ atau}$$

$$F(n) = \ln(D/dw) - \frac{3}{4}$$

Hansbo (1979) dalam Mochtar (2012) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot C_h} \right) \cdot (F(n) + F_s + F_r) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{h}{h_0}} \right)$$

Dimana:

t : waktu yang diperlukan untuk mencapai U_h

D : diameter pengaruh dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertikal drain* :
1.13 x S, untuk pola susunan bujursangkar, dan
1.05 x S, untuk pola segitiga

S : jarak antar titik pusat PVD

C_h : koefisien konsolidasi tanah untuk drainase horizontal = $(k_h/k_v) \cdot C_v$

k_h/k_v : perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah horizontal dan vertikal, untuk tanah lempung yang jenuh air, harga (k_h/k_v) berkisar antara 2 sampai 5 (untuk lempung berpasir).

$F(n)$: faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

F_s : faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri

F_r : faktor hambatan tanah yang terganggu (*disturbe*)

$\frac{h}{h_0}$: derajat konsolidasi akibat aliran air arah horizontal

Harga F_r merupakan faktor tahanan akibat adanya gangguan pada PVD sendiri dan dirumuskan sebagai berikut:

$$Fr = \pi \cdot z \cdot (L - z) \cdot \left(\frac{kh}{qw} \right)$$

dimana:

- z : kedalaman titik yang ditinjau pada PVD terhadap permukaan tanah
 L : panjang aliran
 kh : koefisien permeabilitas arah horisontal dalam tanah yang tidak terganggu
 qw : *discharge capacity* dari drain (tergantung dari jenis PVDnya)

Fs merupakan faktor yang disebabkan oleh ada tidaknya perubahan pada tanah disekitar PVD akibat pemancangan PVD tersebut. Faktor ini memasukan pengaruh “*disturbance*” (gangguan) terhadap tanah karena pemancangan tersebut. Fs dapat dirumuskan sebagai berikut : (Hansbo, 1979 dalam Mochtar 2012).

$$Fs = \left(\frac{kh}{ks} - 1 \right) \cdot \ln \left(\frac{ds}{dw} \right)$$

dimana:

- ks : koefisien permeabilitas arah horisontal pada tanah sudah terganggu
 ds : diameter daerah yang terganggu (*disturbed*) sekeliling *vertical drain*
 dw : diameter lingkaran ekivalen untuk PVD

Berdasarkan Mochtar (2012) adanya faktor Fs dan Fr cenderung memperlambat kecepatan konsolidasi. Dari penyelidikan diketahui bahwa faktor yang paling penting adalah (F(n)). Besar faktor (Fs) dapat mendekati atau bahkan sedikit lebih besar dari F(n), tergantung dari besarnya kerusakan pada tanahnya akibat pemancangan PVD. Dari data lapangan didapatkan Fs/F(n) dapat

berkisar antara 1 sampai 3. Untuk memudahkan perencanaan maka dapat diasumsikan bahwa $F(n) = F_s$. Pengaruh perlawanan aliran (F_r) umumnya kecil dan tidak begitu penting, maka harga F_r dapat dianggap nol.

Dengan memasukkan asumsi-asumsi diatas, persamaan waktu konsolidasi berubah menjadi:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \times Ch} \right) \cdot (2 \cdot F(n)) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{u}_h} \right)$$

dimana:

t : waktu yang diperlukan untuk mencapai U_h

D : diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*

Ch : koefisien konsolidasi tanah akibat aliran pori arah horisontal

$F(n)$: faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

\bar{u}_h : derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah horisontal

Dengan memasukkan harga t tertentu, dapat dicari \bar{u}_h pada bagian lapisan tanah yang dipasang PVD.

Selain konsolidasi akibat aliran air pori arah horisontal, juga terjadi konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal \bar{U}_v . Dalam Dredging (1988) harga \bar{U}_v ini dicari dengan rumus:

$$\text{Untuk } \bar{U}_v = 0 \text{ sampai } 60\%, \bar{U}_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

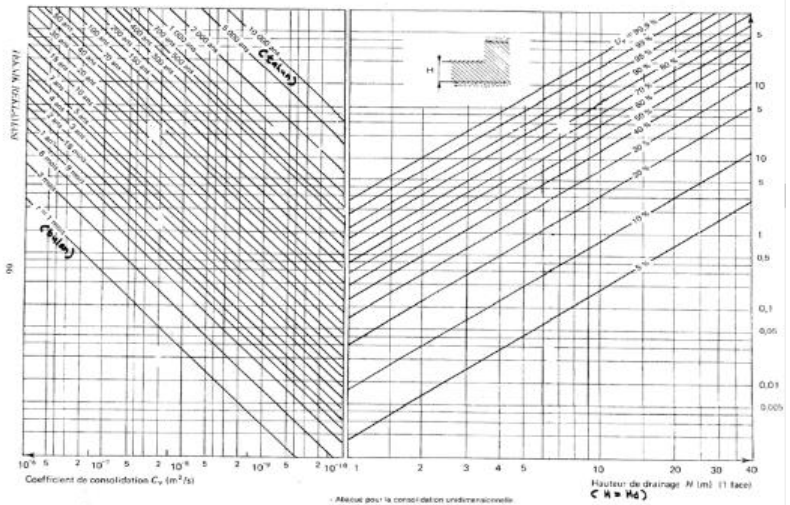
$$\text{Untuk } \bar{U}_v > 60\%, \bar{U}_v = (100 - 10^a)\%$$

$$\text{dimana: } a = \frac{1,781 - T_v}{0,933}$$

Derajat konsolidasi rata-rata U dapat dicari:

$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{u}_h) \cdot (1 - U_v)] \times 100\%$$

Dengan prinsip yang sama J.P BRU (1983) menyajikan perumusan yang sama dengan mempermudah menjadi dalam bentuk grafis.

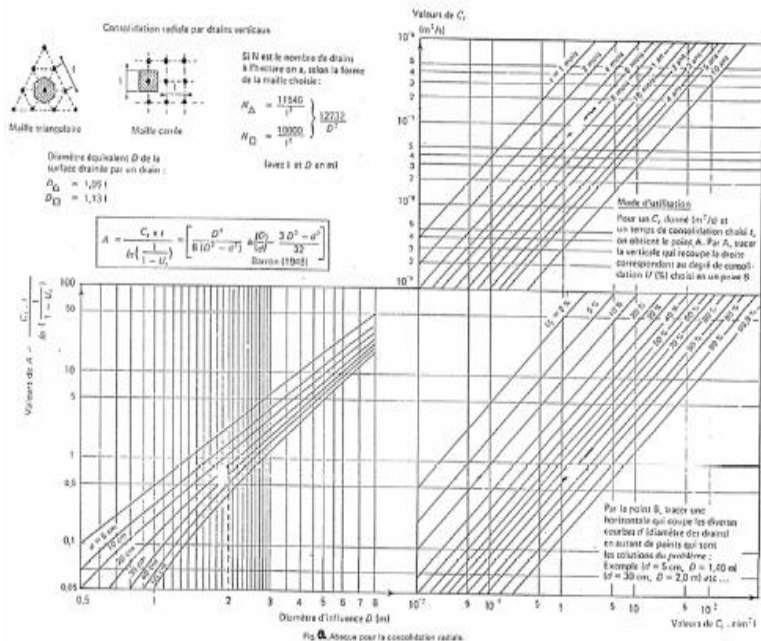


Gambar 2.9 Korelasi grafis antara C_v , t , u dan H_{dr} (J.P BRU dalam Wahyudi 1997)

Dimana pada **Gambar 2.9** sesuai dengan besaran C_v dan H_{dr} yang diketahui pada data tanah kemudian tarik garis secara vertikal hingga waktu settlement tertentu yang direncanakan, kemudian tarik secara horizontal ke arah kanan untuk mendapatkan nilai derajat konsolidasi vertikal ($U_v\%$) yang akan dicapai.

Sedangkan untuk mencari derajat konsolidasi horizontal dengan metode grafis didasarkan dari C_h , lama

penggunaan PVD (masa tunggu), derajat konsolidasi total (U%) yang direncanakan, dan diameter ekivalen PVD akibat dari dimensi yang digunakan. Sehingga akan didapatkan jarak pemasangan yang dibutuhkan. Berikut merupakan grafik untuk mencari jarak antar vertikal drain.



Gambar 2.10 Grafik untuk mencari jarak antar PVD (LCPC,1981 dalam wahyudi, 1997)

Prinsip penggunaan **Gambar 2.10** hampir mirip dengan metode grafis pada perhitungan C_v . Dari nilai C_h kemudian tarik garis horizontal menuju masa tunggu yang digunakan setelah itu tarik garis arah vertikal berdasarkan $U_{tot}\%$ yang direncanakan, kemudian tarik arah horizontal kembali dengan berdasarkan diameter ekivalen PVD yang

digunakan (dw) dan untuk mendapatkan jarak antar PVD, lanjutkan garis ke arah vertikal.

2.5.3 Kenaikan Daya Dukung Tanah akibat Penurunan Tanah

Besarnya kenaikan daya dukung tanah dapat dihitung dengan menghitung kenaikan kekuatan geser *undrained* yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Skempton, 1957):

$$C_u \text{ (kN/m}^2\text{)} = (0,11 + 0.00037 \text{ PI}) \sigma_p'$$

σ_p' : tegangan tanah vertikal efektif (kg/cm²)

Harga σ_p' dapat dicari dengan :

$$\sigma_p' = \left(\frac{p_o' + \Delta p'}{p_o'} \right)^U \cdot p_o' - p_o'$$

Bila $U = 100\% = 1 \rightarrow \sigma_p' = p_o' + \Delta p'$
 $U < 100\% \rightarrow \sigma_p' < p_o' + \Delta p'$

p_o' : tegangan *overburden* efektif

2.6 Perhitungan Stabilitas Tanah Dasar

Dalam pelaksanaan penimbunan reklamasi, penimbunan tidak dapat langsung dilakukan secara sekaligus sesuai tinggi yang diinginkan. Hal ini dikarenakan mencegah dari bahaya longsor atau *sliding* pada timbunan. Salah satu solusi untuk mencegah hal tersebut adalah dengan melaksanakan timbunan secara bertahap. Untuk itu tinggi timbunan maksimum yang aman dari bahaya longsor atau *sliding* harus diperhitungkan.

2.6.1 Stabilitas terhadap Puncture

Stabilitas terhadap *puncture* pada prinsipnya sama dengan perhitungan daya dukung pondasi dangkal pada kondisi *short term* (kondisi yang paling kritis). Faktor keamanan (F) untuk kasus diatas dapat dihitung dengan persamaan berikut : (Wahyudi. H, 1997)

$$F = \frac{\text{kekuatan penahan}}{\text{kekuatan penggerak}} = \frac{(\pi + 2). Cu}{\gamma. Ht}$$

Bila lebar timbunan reklamasi relatif sangat lebar bila dibanding dengan tebal lapisan *compressible*, maka:

$$F = \frac{Cu. Nc}{\gamma. Ht}$$

dimana:

γ, Ht : berat volume dan tinggi timbunan reklamasi

Cu : kohesi undrained

Nc : koefisien daya dukung berdasarkan sudut geser tanah (\emptyset), *Vesic, 1973*. Berikut disajikan dalam **tabel 2.3**

Tabel 2.3 Koefisien daya dukung berdasarkan sudut geser

ϕ (1)	N (2)	N (3)	N (4)	N_f/N (5)	$\tan \phi$ (6)
0	5,14	1,00	0,00	0,20	0,00
1	5,38	1,09	0,07	0,20	0,02
2	5,63	1,20	0,15	0,21	0,03
3	5,90	1,31	0,24	0,22	0,05
4	6,19	1,43	0,34	0,23	0,07
5	6,49	1,57	0,45	0,24	0,09
6	6,81	1,72	0,57	0,25	0,11
7	7,16	1,88	0,71	0,26	0,12
8	7,53	2,06	0,86	0,27	0,14
9	7,92	2,25	1,03	0,28	0,16
10	8,35	2,47	1,22	0,30	0,18
11	8,80	2,71	1,44	0,31	0,19
12	9,28	2,97	1,69	0,32	0,21
13	9,81	3,26	1,97	0,33	0,23
14	10,37	3,59	2,29	0,35	0,25
15	10,98	3,94	2,65	0,36	0,27
16	11,63	4,34	3,06	0,37	0,29
17	12,34	4,77	3,53	0,39	0,31
18	13,10	5,26	4,07	0,40	0,32
19	13,93	5,80	4,68	0,42	0,34
20	14,83	6,40	5,39	0,43	0,36
21	15,82	7,07	6,20	0,45	0,38
22	16,88	7,82	7,13	0,46	0,40
23	18,05	8,66	8,20	0,48	0,42
24	19,32	9,60	9,44	0,50	0,45
25	20,72	10,66	10,88	0,51	0,47
26	22,25	11,85	12,54	0,53	0,49
27	23,94	13,20	14,47	0,55	0,51
28	25,80	14,72	16,72	0,57	0,53
29	27,86	16,44	19,34	0,59	0,55
30	30,14	18,40	22,40	0,61	0,58

(Sumber: Braja M Das, jilid 2)

2.6.2 Stabilitas terhadap Sliding Rotasional

Rupture circular telah dibahas oleh FELLENIUS dan terakhir lebih detail oleh BISHOP. Formula dari BISHOP apabila diterapkan untuk kasus timbunan di atas tanah lunak, menjadi:

dimana:

- BC : panjang bidang gelincir B s/d C di *compressible soil*.
 R : jari-jari bidang gelincir ruptur sirkular.
 P : jumlah atau resultan gaya penggerak akibat timbunan
 d : jarak antara P dengan sumbu titik putar 0.

Seiring dengan perkembangan jaman, banyak bermunculan program bantu berupa *software* untuk menganalisa nilai *safety factor* terhadap keruntuhan rotasional ini. Pada perencanaan ini perhitungan akan menggunakan program bantu berupa *xstabl* dengan prinsip perhitungan BISHOP.

Prinsip perhitungan dengan menggunakan *xstabl* adalah dengan menghitung 10 nilai SF terkecil dari suatu lereng yang dimana 90% hasil perhitungannya didapatkan nilai SF harus lebih besar dari 1,2.

2.7 Perencanaan *Shore Protection*

Tanggul ini digunakan untuk melindungi tanah reklamasi, sehingga tidak lepas ke laut bebas akibat gangguan lingkungan. Untuk melindungi terjadinya scouring di kaki tanggul maka di kaki tanggul dipasang berm. Sebelum itu dibawah atau dibalik batu dipasang filtercloth berupa geotextile non woven sehingga material reklamasi tidak terbawa air laut. Khusus untuk sisi timur laut dari area reklamasi, akan direncanakan *shore protection* menggunakan turap kantilever agar luasan basah canal tidak berkurang.

2.7.1 Prediksi Tinggi Gelombang

Prediksi ini dilakukan untuk mengetahui tinggi gelombang perairan sekitar area perencanaan. pada

dasarnya hal yang mempengaruhi tinggi gelombang adalah sebagai berikut:

1. Arah dan kecepatan angin dominan dan maksimum.
2. Panjang fetch, yaitu panjang aliran gelombang berdasarkan dari kemungkinan titik hembusan angin berasal.

Kemudian perhitungan dapat dilakukan dengan bantuan nomogram prediksi tinggi gelombang menurut *Shore Protection Manual (SPM)*. Berikut merupakan **Gambar 2.12** untuk perhitungan prediksi tinggi gelombang.

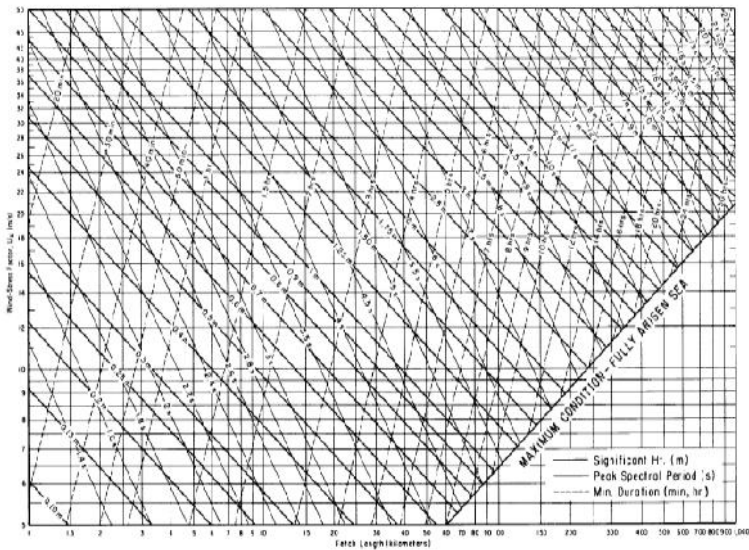


Figure 5-23. Nomograms of deepwater significant wave prediction curves as functions of windspeed, fetch length, and wind duration (metric units).

Gambar 2.12 Nomogram Prediksi Tinggi Gelombang
Signifikan (H_s)
(Sumber: SPM)

Dengan jarak fetch dan data angin yang diketahui, tinggi gelombang (H_s), periode gelombang (T), dan durasi (D) dapat dicari dengan menggunakan nomogram pada **Gambar 2.12** tersebut.

2.7.2 *Armour Layer*

Menurut Hudson dalam Wahyudi (1997), perhitungan *armour layer* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H_s^3}{K_D \cdot D^3 \cdot \cot g \alpha}$$

dimana:

- W : berat Armour (ton)
- γ_r : Berat jenis Armour ($\gamma_r = 2,5 \text{ t/m}^3$)
- H_s : tinggi gelombang significant (m)
- K_D : koefisien kerusakan, kerusakan yang dapat diterima berkisar 0 – 5% = 4.9 **Tabel 2.4**
- D : berat jenis relatif batu $\frac{\gamma_r - \gamma_w}{\gamma_w}$
- γ_w : berat jenis air laut ($\gamma_w = 1,025 \text{ t/m}^3$)
- α : sudut kemiringan tanggul

Tabel 2.4 Koefisien Stabilitas K_D untuk berbagai jenis butir (USACE, dalam modul pelabuhan)

Type material	Kerusakan	K_D	$K\Delta$
Batuan alam kasar	0 – 5 %	4,0	1,0 – 1,15 n = 37 %
	5 – 10 %	4,9	
	10 – 15 %	6,6	
Tetrapod (1950) dan Quadripod (1959)	0 – 5 %	8,3	1,04 n = 50 %
	5 – 10 %	10,8	
	10 – 15 %	13,4	
Kubus beton(1959)	0 %	3,5	1,10 n = 47 %
	1 %	7,0	
	2 %	8,0	
	5 %	14,0	
Tribar (1958)	0 – 5 %	8,3	
	5 – 10 %	10,8	
	10 – 15 %	13,4	
Akmon (1962)	0 %	4,8	
	1 %	11,0	
	2 %	12,0	
	5 %	17,0	

a. Cross Section

Lebar puncak tanggul (B) ditentukan dengan rumus berikut: (Wahyudi, 1997)

$$B = m' \cdot K \cdot \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

dimana:

B : Lebar puncak tanggul (m)

m' : jumlah armour unit pada puncak tanggul

K : packing coefisien = 1,02 **Tabel 2.5**

W : berat Armour (ton)

γ_r : Berat jenis Armour ($\gamma_r = 2,5 \text{ t/m}^3$)

Tabel 2.5 Koefisien Lapisan (SPM, 1984 dalam Triatmojo, 1999)

Batu Pelindung	n	Penempatan	Koef. Lapis k	Porositas P(%)
Batu(quarrystone, halus)	2	acak	1,02	38
Batu(quarrystone, kasar)	2	acak	1,15	37
Batu(quarrystone, kasar)	>3	acak	1,10	40
Kubus	2	acak	1,10	47
Tetrapod	2	acak	1,04	50
Quadripod	2	acak	0,95	49
Hexapod	2	acak	1,15	47
Tribard	2	acak	1,02	54
Dolos	2	acak	1,00	63
Tribar	1	seragam	1,13	47
Batu(quarrystone)	-	acak	-	37

Dengan alasan untuk rekreasi yang aman, construction dan maintance maka lebar puncak minimal diambil ($B = 2m$).

b. Tebal Lapisan

Tebal masing-masing lapisan dapat dihitung dengan perumusan dibawah ini: (Wahyudi, 1997)

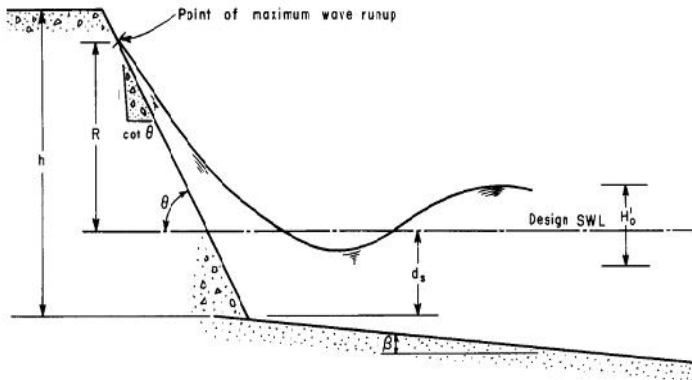
$$t = m \cdot K \cdot \left(\frac{W}{\gamma r} \right)^{1/3}$$

Dengan alasan untuk rekreasi yang aman, construction dan maintance maka lebar puncak minimal diambil ($B = 2m$).

c. Elevasi Puncak Tanggul

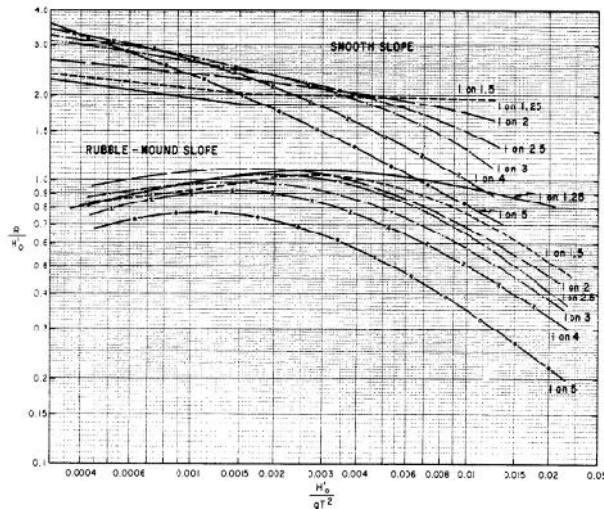
Elevasi puncak tanggul terhadap LWS, dipengaruhi oleh faktor-faktor:

- Pasang surut
Hal ini diakibatkan oleh kenaikan muka air laut oleh gaya tarik menarik gravitasi bulan, sehingga pada waktu tertentu posisi bulan akan lebih dekat dengan bumi dan mengakibatkan air laut naik elevasinya.
- Wave Run-Up
Merangkaknya naik gelombang pada sisi lereng timbunan. Hal ini didasarkan dari tinggi gelombang (H_s), tinggi bangunan (h), kedalaman bangunan terhadap seabed (d_s), kemiringan lereng θ , dan jenis bangunan pada sisi lereng. Berikut konsep perhitungan wave runup dapat dilihat pada **Gambar 2.13** dibawah ini.



Gambar 2.13 Sketsa pemodelan kenaikan muka air akibat wave runup
(Sumber: SPM)

Dikarenakan pada sisi lereng akan digunakan bangunan *shore protection* berupa armor layer, maka pada perhitungannya bangunan akan dimodelkan sebagai perhitungan wave runup pada struktur *rubble mound*.



Gambar 2.14 Grafik perhitungan tinggi wave runup
(rubble-mound)
(Sumber: SPM)

Berdasarkan data gelombang lokasi proyek, kemudian plotkan garis pada **Gambar 2.14** hingga berpotongan dengan garis *slope rubble mound*, maka akan didapatkan tinggi kenaikan muka air akibat runup.

- Wave set up

Merupakan kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh pergerakan gelombang itu sendiri, hal ini terjadi akibat adanya konversi gelombang dari energi kinetiknya sendiri menjadi energi potensial ketika gelombang pecah di area bangunan struktur.

Dimana untuk mendapatkan gelombang pecah (H_b), SPM menyajikan perumusan dalam bentuk grafik indeks ketinggian pecah versus kecuraman dasar laut pada

gelombang laut dalam. Berikut dapat dilihat pada **Gambar 2.15**

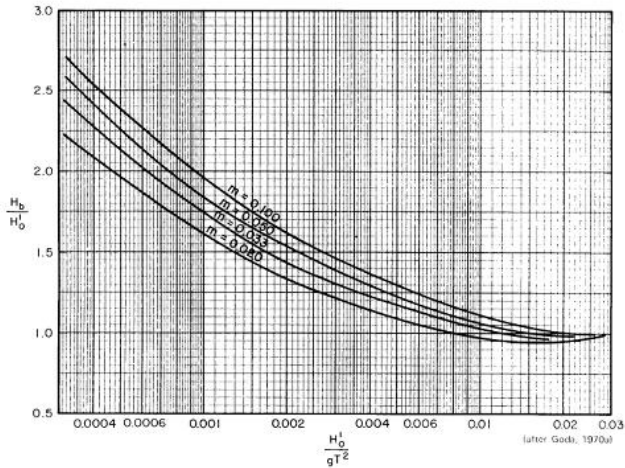


Figure 7-3. Breaker height index H_b/H'_0 versus deepwater wave steepness H'_0/gT^2 .

Gambar 2.15 Grafik indeks ketinggian gelombang pecah vs kecuraman gelombang pada laut dalam
(Sumber: SPM)

Sehingga ketinggian *wave set up* pada struktur bangunan dapat dicari dengan menggunakan bantuan **Gambar 2.16** sebagai berikut.

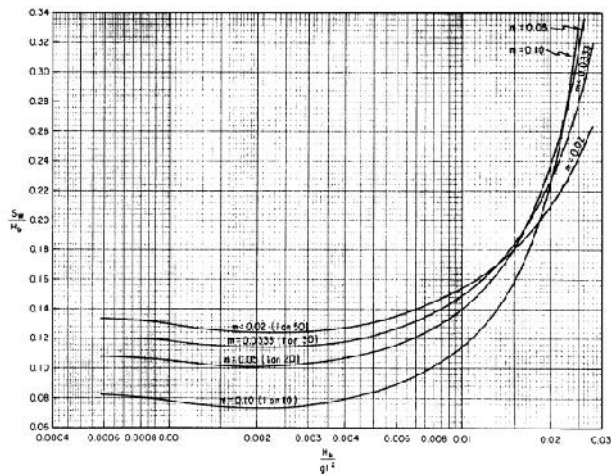


Figure 3-50. S_w/H_0 versus H_0/gT^2 .

Gambar 2.16 Grafik hubungan antara tinggi wave setup dengan indeks gelombang pecah
(Sumber: SPM)

Pada penggunaan **Gambar 2.16** didasarkan pada indeks gelombang pecah dan kemiringan dasar laut area bangunan.

- Daerah Bebas
Daerah ini merupakan tinggi jagaan dari untuk mengantisipasi kemungkinan adanya tinggi muka air melebihi elevasi rencana puncak tanggul.

Jadi elevasi puncak tanggul adalah merupakan penjumlahan harga-harga dari faktor-faktor diatas.

2.7.3 Turap Kantilever

Dilihat dari data tanah hasil pengujian N-SPT, diketahui bahwa tanah dasar area reklamasi berupa lapisan lempung hingga kedalaman $\pm 25\text{m}$. Sehingga pada perencanaanya akan digunakan perhitungan dengan prinsip turap kantilever pada tanah kohesif.

Kelongsoran merupakan pergeseran tanah yang diakibatkan oleh tekanan-tekanan yang terjadi pada tanah. hal ini dapat terjadi apabila kemampuan tanah untuk menahan lebih rendah dari pendorongnya, dimana hal ini dipengaruhi oleh besaran tegangan horizontal pada tanah aktif (P_a) dan pasif (P_p).

Tekanan tanah aktif (P_a) adalah tekanan yang terjadi arah horizontal yang diakibatkan adanya gaya vertikal pada tanah yang disebabkan oleh koefisien keaktifan tanah (K_a). Setiap jenis tanah memiliki besaran K_a yang berbeda-beda, dikarenakan besaran nilai K_a dipengaruhi oleh sudut geser tanah (ϕ) itu sendiri. Sedangkan untuk tekanan tanah pasif (P_p) merupakan kebalikan dari P_a , dimana disebabkan oleh koefisien tekanan pasif yaitu K_p . Oleh karena itu tekanan horizontal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

Dimana,

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

Namun dikarenakan tanah kohesif memiliki nilai kelekatan tanah (c), sehingga besar tekanan aktif (P_a) harus dikurangi dengan kelekatan tanah sebesar $2c\sqrt{K_a}$. Sehingga perumusanya menjadi

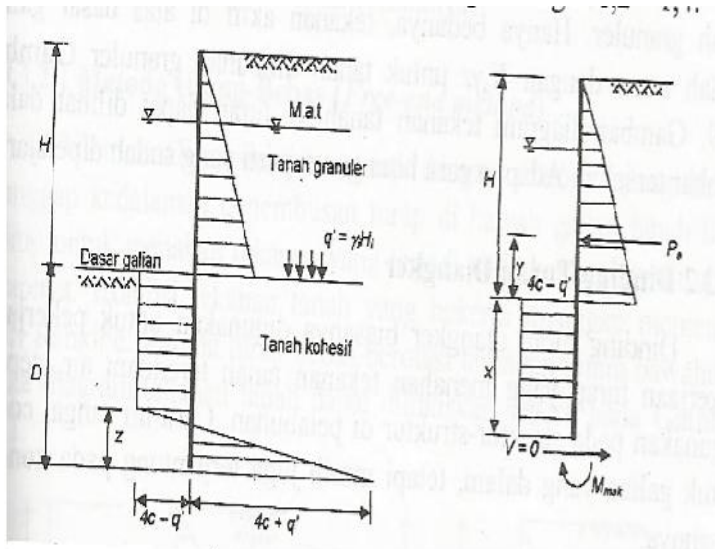
$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 - 2c\sqrt{K_a}$$

Sedangkan untuk koefisien tanah pasif K_p menjadi,

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2 + 2c\sqrt{K_p}$$

Dalam perhitungan kedalaman pemancangan (do) turap tetap perlu dilakukan peningkatan *safety factor*, dimana untuk itu kedalaman pemancangan harus ditambahkan sebesar 1,2 – 1,4 do. Berikut merupakan konsep tegangan yang terjadi pada konstruksi turap **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17 Tekanan tanah pada turap kantilever yang dipancang dalam tanah kohesif (Hardiyatmo, 2007)

Dengan y = jarak resultan gaya-gaya tekanan tanah aktif diatas galian terhadap dasr galian diperoleh persamaan untuk menentukan kedalaman penetrasi turap (D): (Hardiyatmo, 2007)

$$D^2(4c - q') - 2D.Pa - \left(\frac{Pa.(12cy + Pa)}{2c + q'} \right) = 0$$

Untuk tanah urug yang berlapis-lapis $q' = \sum \gamma_i H_i$

Dilihat dari **Gambar 2.17** momen maksimum terjadi bila gaya lintang $V=0$, sehingga diperoleh :

$$M_{max} = Pa (x + y) - (4c - q')(x) \left(\frac{x}{2} \right)$$

Keseimbangan horisontal, $\sum F_h = 0$

atau

$$Pa = (4c - q').x$$

$$x = \left(\frac{Pa}{4c - q'} \right)$$

Sehingga,

$$M_{max} = Pa \left[\left(\frac{Pa}{4c - q'} + y \right) - \frac{1}{2} \frac{Pa}{4c - q'} \right]$$

2.7.3.1 Kontrol Panjang Jepit (Zf)

Dikarenakan konsep turap merupakan prinsip kantilever, sehingga diperlukan tumpuan jepit pada salah satu sisinya. Dimana pada turap tumpuan jepit berada pada kedalaman tanah pemancangan. Oleh karena itu diperlukan kontrol terhadap jepit pada kedalaman pemancangan tiang. Ada beberapa perumusan dalam perhitungan kedalaman jepit pada tanah, diantaranya sebagai berikut.

$Z_f = 1.4 R$ (Untuk stiff over-consolidated clay)

$Z_f = 1.8 T$ (Untuk normally consolidated clay dan granular soil atau yang mempunyai kenaikan linier harga modulus)

Dimana,

R : Stiffness factor (dalam satuan panjang)

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KB}}$$

$K = k_1 / 1.5$

k_1 : subgrade modulus Terzaghi **Tabel 2.6**

Tabel 2.6 Subgrade modulus k_1 , Terzaghi

Consistency	Stiff	Very Stiff	Hard
<u>Cu</u> kN/m ² Tons/ft ²	100 – 200 1 – 2	200 – 400 2 – 4	>400 >4
<u>Range of k_1</u> MN/m ³ Tons/ft ³	18 – 36 50 – 100	36 – 72 100 – 200	>72 >200
<u>Recommended k_1</u> MN/m ³ Tons/ft ³	27 75	54 150	>108 >300

T : Stiffness factor (dalam satuan panjang)

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

Harga n_h untuk cohesionless soil diperoleh dari (Terzaghi) **Tabel 2.7**

Tabel 2.7 Besaran nilai n_h

Relative Density	Loose	Medium Dense	Dense
n_h Untuk dry atau moist soil			
MN/m ³	2.5	7.5	20
Tons/ft ³	7	21	56
n_h Unruk submerged soil			
MN/m ³	1.4	5	12
Tons/ft ³	4	14	34

Untuk soft normally-consolidated clays = 350 s/d 700 kN/m³ dan soft organic silt = 150 kN/m³

Dengan,

E = modulus elastisitas YOUNG

I = momen Inersia

2.7.3.2 Menentukan Profil Turap

Besar profil turap harus mampu menahan momen maksimum yang terjadi pada struktur turap, sehingga tidak terjadi longsor. Dimana perumusanya didasarkan dari tegangan ijin baja $\bar{\sigma}_{ijin}$ sebesar 210 MN/m² (ASTM A-572), sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut

$$W = \frac{M_{max}}{\sigma_{ijin}}$$

Dimana,

W : section modulus turap baja (brosur)

2.7.3.3 Turap Berangkur dan Blok Angkur

Bila didapatkan kedalaman pemancangan yang sangat dalam, pemasangan angkur pada struktur turap dapat menjadikan alternatif yang baik. Dimana dengan menambahkan angkur, struktur turap akan menjadi lebih stabil.

Batang angkur terbuat dari baja tulangan dengan diameter tertentu yang akan disambungkan pada blok angkur yang berfungsi sebagai penahanya. Pada perencanaanya angkur didasarkan pada $\bar{\sigma}_{angkur}$ yaitu sebesar 1000 kg/cm², sehingga dapat dirumuskan menjadi

$$\bar{\sigma}_{angkur} = \frac{T}{A}$$

Dimana,

T : tegangan pada angkur

A : luas penampang angkur = 0.25 d²

Sedangkan konsep dalam perhitungan angkur digunakan teori TENG, 1962. Dimana pada dasarnya kondisi tanah yang digunakan dalam perhitungan ini adalah pada kondisi tanah diam *atrest*. Sehingga menggunakan besaran koefisien Ko untuk mendapatkan tegangan horizontal yang terjadi, baik Pa maupun Pp.

Untuk ketinggian blok angkur perlu di cek dengan $h \leq H/3$, dengan h merupakan tinggi ujung atas blok angkur terhadap permukaan tanah dan H tinggi ujung bawah blok angkur terhadap permukaan tanah.

$$Ko = 1 - \sin \phi$$

Dengan gaya yang bekerja pada blok ankur di anggap hingga permukaan tanah

$$Pa = \frac{1}{2} H^2 \gamma Ka$$

$$Pp = \frac{1}{2} H^2 \gamma Kp$$

Sehingga panjang blok ankur (L) yang dibutuhkan dapat dirumuskan menjadi,

$$T \leq L(Pp - Pa) + \frac{1}{3} Ko \gamma (\sqrt{Kp} + \sqrt{Ka}) H^3 tg \phi$$

Letak blok ankur harus ditempatkan pada tanah yang stabil. blok ankur akan bekerja penuh bila:

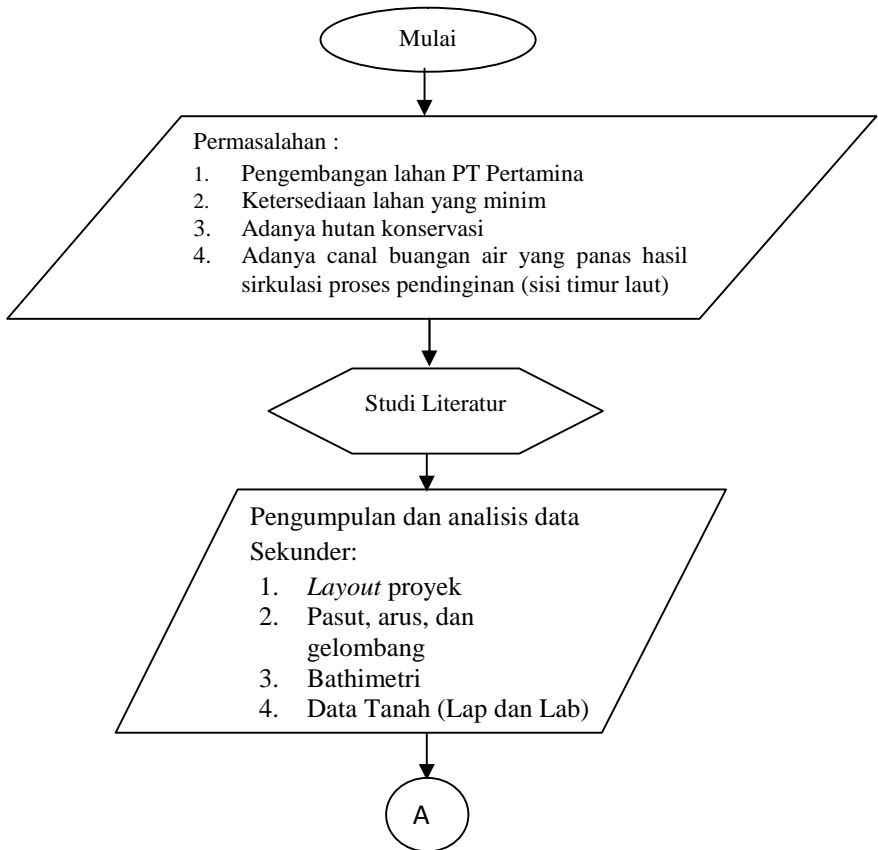
1. Daerah aktif turap yang runtuh tidak memotong bidang longsor blok ankur
2. Blok ankur terletak dibawah garis yang ditarik dari ujung bawah turap (a) yang membuat sudut ϕ terhadap horizontal, dimana $a = 2/3$ do.

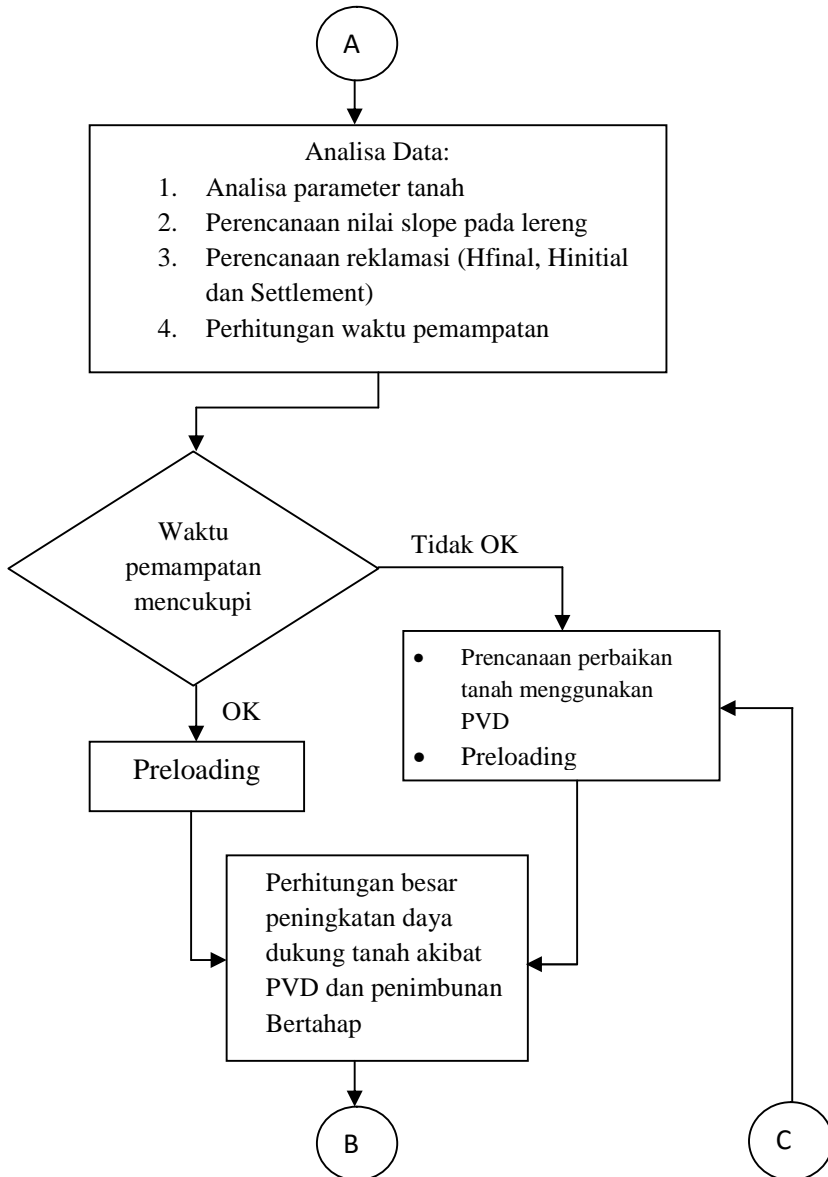
BAB III

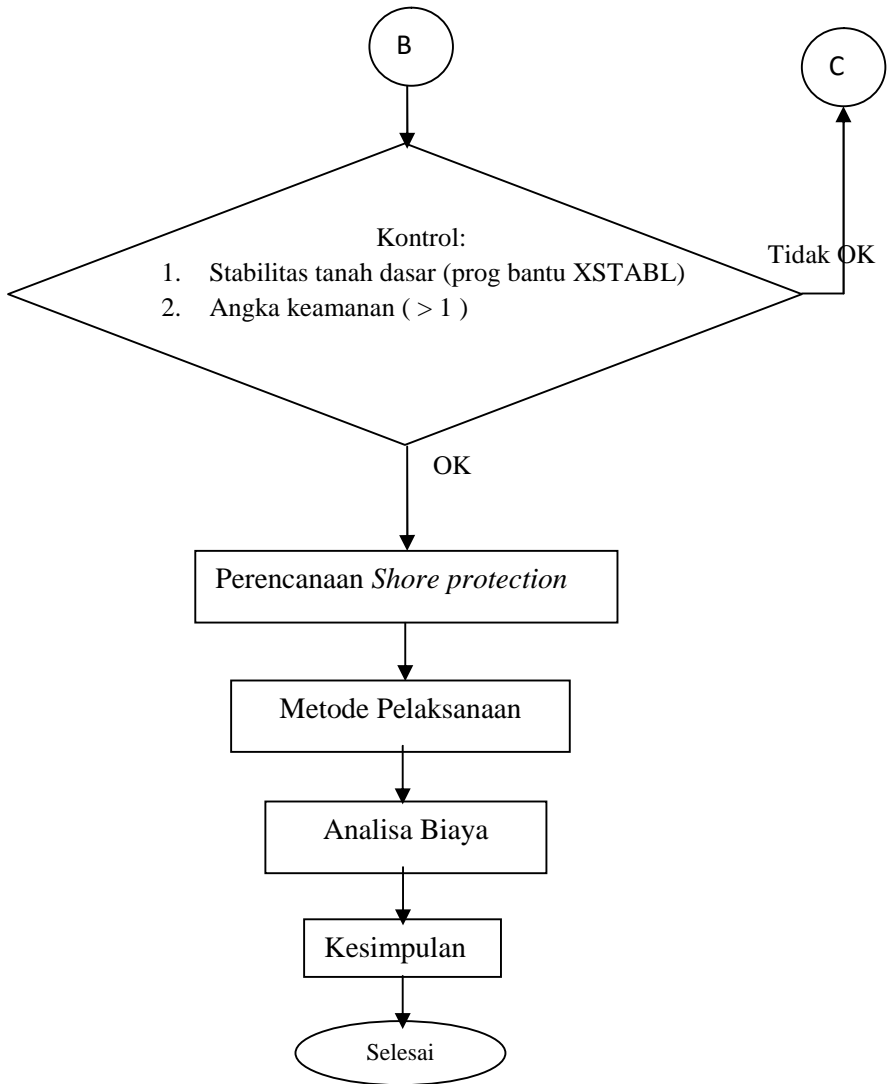
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alur

Berikut merupakan metodologi yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir :







Gambar 3.1 Bagan alur

3.2 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mengetahui dasar-dasar teori yang akan digunakan dalam perencanaan khususnya dalam perencanaan reklamasi. Teori-teori yang digunakan ini diambil dari referensi yang akan mempermudah dan membantu dalam penyelesaian perencanaan. Referensi ini dapat diambil dari berbagai sumber, dimulai dari diktat kuliah, buku-buku, jurnal, dan internet. Adapun teori yang akan digunakan sebagai acuan dalam perencanaan sebagai berikut:

1. Teori material reklamasi
2. Teori pemampatan/*Settlement*
3. Teori waktu konsolidasi
4. Teori preloading
5. Teori perencanaan *Vertical Drain*
6. Teori perencanaan *Shore Protection*
7. Teori perencanaan *Sheet Pile*

3.3 Pengumpulan Data

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait (LPPM-ITS) atau hasil survei dari pihak lain. Beberapa data yang diperlukan dalam proses perencanaan antara lain:

1. *Layout* proyek
2. Bathimetri
3. Data angin
4. Data Pengujian Tanah (Lapangan dan Laboratorium)

3.4 Analisa Data

Pengolahan data berupa analisa parameter tanah, perencanaan tinggi timbunan, dan analisa pemampatan. Perencanaan tinggi timbunan bertujuan untuk mencari H_{final} dan H_{initial} , hal ini dikarenakan tinggi rencana dan

pelaksanaan yang berbeda akibat adanya pemampatan pada tanah dasar.

3.5 Perencanaan Kemiringan Lereng Timbunan

Perencanaan ini bertujuan untuk menentukan besar kemiringan lereng yang akan digunakan, dimana nantinya akan sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng timbunan terhadap keruntuhan secara rotasional.

3.6 Perencanaan Reklamasi

Perencanaan ini bertujuan untuk mencari besaran tinggi timbunan pelaksanaan (Hawal) yang harus dilaksanakan untuk mencapai tinggi timbunan rencana (H) akibat adanya pemampatan pada tanah dasar.

3.7 Kontrol Lamanya Pemampatan

Dari data kecepatan pemampatan dan tebal lapis tanah *compressible* dicari lamanya pemampatan yang terjadi akibat adanya beban tambah diatasnya, yaitu berupa beban timbunan itu sendiri. Bila waktu pemampatan yang terjadi sangat lama, bahkan hingga dapat mengakibatkan waktu pengerjaan proyek tidak efektif, maka dibutuhkan perencanaan pekerjaan percepatan pemampatan tanah. Dalam perencanaan ini akan digunakan bantuan *prefabricated vertical drain* (PVD).

3.8 Kontrol Stabilitas Lereng Timbunan

Dengan kemiringan lereng timbunan yang direncanakan akan dicek kestabilanya terhadap tanah dasar menggunakan program bantu berupa XSTABL untuk mengetahui angka keamananya (SF). Tiap variasi kemiringan akan dicek hingga mendapatkan kemiringan yang efisien dalam perencanaanya.

3.9 Perencanaan *Shore Protection*

Perencanaan ini bertujuan untuk mencari besar butiran material yang akan dipakai dalam pelaksanaan *shore protection*. Bangunan penahan ini berfungsi untuk melindungi material reklamasi dari gangguan luar berupa arus dan gelombang laut. Untuk sisi timur laut pada area reklamasi akan direncanakan *shore protection* khusus dengan menggunakan dinding penahan vertikal berupa turap.

3.10 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan merupakan tahapan pelaksanaan pekerjaan, khususnya yang akan dibahas dalam studi ini adalah tahap-tahap pelaksanaan pada pekerjaan reklamasi yang telah direncanakan sebelumnya. Termasuk pekerjaan *soil monitoring* akan dibahas bersamaan mengenai kontrol terhadap pekerjaan di lapangan.

3.11 Analisa Biaya

Setelah dimensi dan volume pekerjaan didapat dari hasil perencanaan, akan dianalisa anggaran biaya yang harus dikeluarkan untuk dapat melaksanakan pekerjaan tersebut.

3.12 Kesimpulan

Pada kesimpulan ini akan memperlihatkan hasil perhitungan perencanaan dari awal hingga akhir seperti yang telah dipaparkan sesuai dengan alur *flow chart* diatas tentang perencanaan reklamasi.

BAB IV

ANALISA PARAMETER TANAH

4.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai analisa parameter tanah dengan tujuan untuk mengelompokkan jenis tanah yang beragam di lapangan berdasarkan hasil pengujian tanah di lapangan. Analisa yang digunakan berupa pengolahan data dengan membuat statigrafi nilai parameter tanah. Pengelompokan tanah dilakukan dengan dua cara, yaitu pengelompokan data tanah secara vertikal dan horizontal.

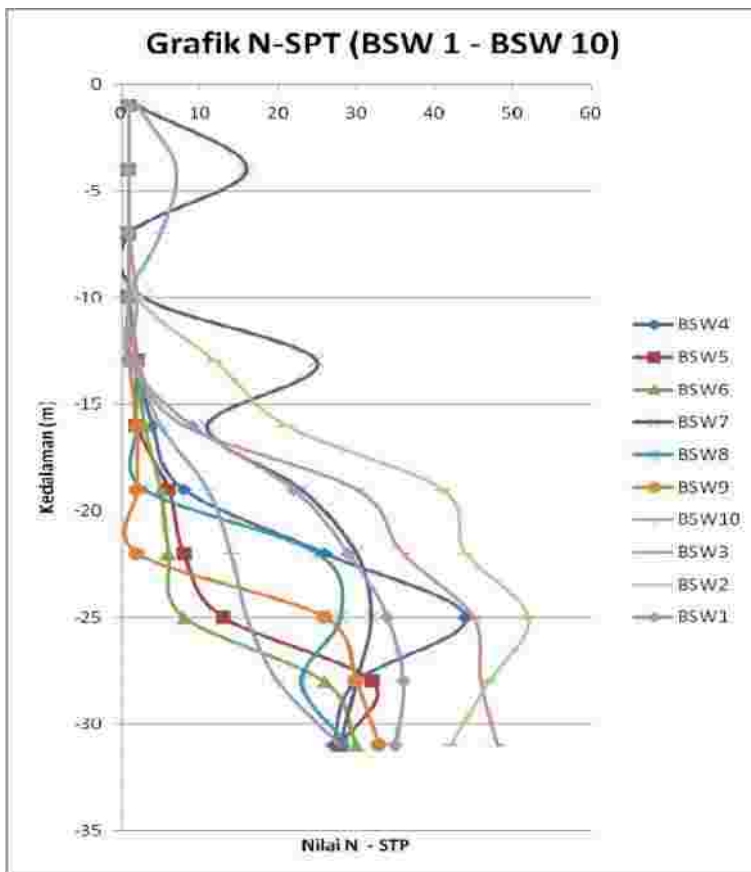
4.2 Data Tanah

Data tanah yang digunakan merupakan data sekunder hasil pengujian di lapangan. Hasil pengujian tanah didapat dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat ITS Surabaya. Berikut merupakan layout titik boring dan SPT lapangan dapat dilihat pada **gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Layout titik boring dan SPT lapangan
(sumber : Lembaga/Instansi terkait, LPPM-ITS)

Seperti dapat dilihat pada **Gambar 4.1** lokasi titik-titik survey pengujian dan pengambilan sample benda uji tanah. Dimana data yang diambil pada perencanaan ini merupakan data tanah perairan sekitar area reklamasi zona 3 dan 4 Kota Bontang (BSW 1- BSW 10). Data hasil pengujian lapangan *boring* dan *N-SPT* terlampir pada **lampiran 1**. Berikut merupakan grafik hasil pengujian N-SPT lapangan dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Grafik hasil N-SPT lapangan
(sumber: hasil test lapangan)

Dapat dilihat pada **Gambar 4.2** besaran nilai SPT setiap titik BSW berdasarkan kedalamannya. Terlihat dari hasil pengujian tersebut hingga kedalaman 16m didapatkan kondisi tanah memiliki nilai SPT cenderung lebih rendah bila dibandingkan dengan kedalaman $> 16\text{m}$. Tidak lepas dari itu antara titik BSW 1 – BSW 10 sebenarnya memiliki nilai SPT yang berbeda-beda, sehingga dibutuhkan pengelompokan data berdasarkan dari keragaman data yang terjadi dilapangan untuk memudahkan perhitungan perencanaan. Pengelompokan tanah dilakukan dengan dua cara, yaitu pengelompokan data tanah vertikal dan horizontal.

4.2.1 Pengelompokan Data Tanah Vertikal

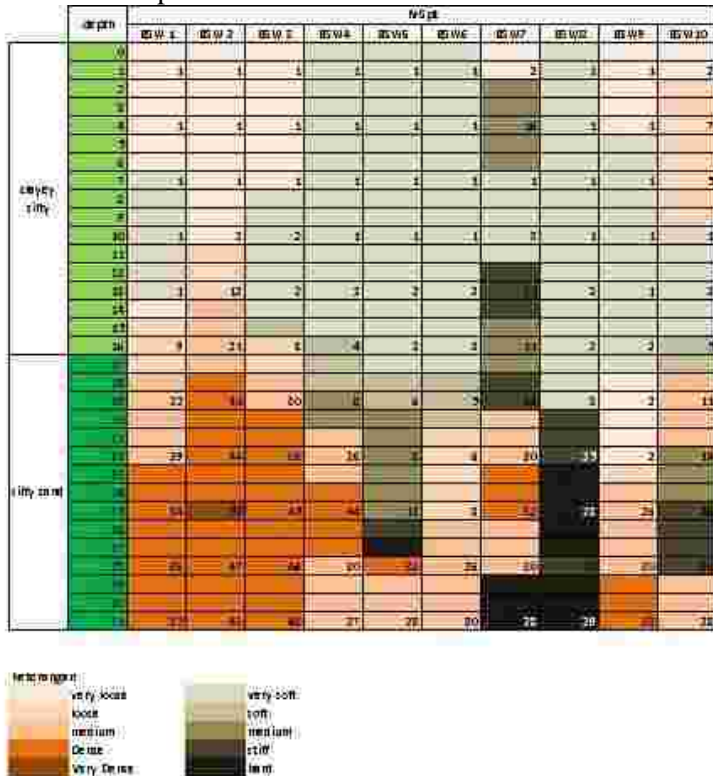
Pengelompokan ini didasarkan pada jenis tanah tiap lapis kedalamannya, kemudian dikelompokkan berdasarkan kemiripan antar jenis tanah secara keseluruhan yang ditinjau.

Berikut merupakan rekap data tanah dan nilai SPT daerah perairan area reklamasi dapat dilihat pada **Tabel 4.1 dan Tabel 4.2**.

Tabel 4.1 Rekap Data Tanah (boring test)

depth	BSW1	BSW2	BSW3	BSW4	BSW5	BSW6	BSW7	BSW8	BSW9	BSW10
0										
1	sandy silt	silty sand					silty sand			coral, sand
2	with						minor			with
3	coral	coral and silt	sandy silt			silty sand with clay	clayey silt with	silt, coral,	silty sand	minor
4			and coral	clayey				clay with		coralshell
5	coral, silt			silt with				minor		silty sand
6	with			coral and			silty sand	damshe		with
7				coralshell						minor
8	clayey									
9	silt									
10										
11	clayey		clayey silt			clayey silt	clayey silt	clayey silt with		silty sand
12	silt with							minor		
13	minor				clayey silty		silty sand	damshe	clayey silt	clayey silt
14	silty sand									
15	clayey			clayey silt with sand			clayey silt with sand, gravel			
16	silt with									
17	sand									
18		silty sand								
19										
20							sandy silt with gravel			silty sand
21										
22	silty sand									
23			silty sand			sandy silt with clay	gravel and sand	clayey silt		
24										
25										
26										
27	silty sand			silty sand			sand and gravel		silt, sand, clay	clayey silt
28	with			with		silty sand				
29	minor			minor						
30	organic			organic			clayey silt		clayey silt	silty sand with minor
31										

(sumber : hasil tes lapangan)

Tabel 4.2 Rekap Data Nilai SPT

(sumber : hasil tes lapangan)

Dapat dilihat pada tabel diatas merupakan rekap data tanah dan nilai SPT pada titik BSW1 – BSW10, kemudian dikorelasikan berdasarkan nilai N-SPT dengan menggunakan **Tabel 2.1** untuk mengetahui jenis lapisan tanah tersebut. Pengelompokan jenis tanah ini didasarkan pada kemiripan antara ragam jenis tanah yang terdapat di lapangan dengan pengamatan secara vertikal. Hal ini bertujuan untuk membagi suatu tanah menjadi lapisan-lapisan tanah tertentu sesuai dengan jenis tanahnya.

Pada **Tabel 4.1** dan **Tabel 4.2** hasil perekapan data tanah hasil *boring* dan nilai SPT, terlihat bahwa lapisan tanah pada kedalaman hingga 16m didominasi dengan lapisan lempung berlanau (*clayey silty*) atau jenis *very soft* hingga *medium*, sedangkan pada tanah dengan kedalaman >16m didominasi dengan lapisan pasir berlanau (*silty sand*) atau *medium* hingga *very dense*. Dengan adanya lapisan lempung berlanau yang memiliki sifat cenderung sangat *compresible*, maka tanah tersebut memiliki bahaya pemampatan jika diberi beban di atasnya. Sedangkan pada lapisan *silty sand* cenderung lebih tidak memampat, karena sifatnya yang *noncompresible*.

4.2.2 Pengelompokan Data Tanah Horizontal

Pengelompokan ini didasarkan pada keragaman antara karakteristik tanah suatu titik dengan titik yang lain. Pada pengelompokannya akan digunakan metode ANOVA dengan melihat *coefisien variasi (CV)* antar titik satu dengan yang lainnya dengan nilai sebaran antara 10-20%. Jika nilai sebaran melebihi 20%, maka akan dilakukan pembagian zona baru.

Berikut merupakan pengelompokan horizontal berdasarkan nilai karakteristik γ_{sat} tanah BSW1 – BSW10.

Tabel 4.3 Pengelompokan Tanah Berdasarkan Karakteristik *sat* (*sumber : hasil analisis*)

Zona 3 dan 4	Zonifikasi Horizontal	Depth (m)	Jenis Tanah	Karakteristik Tanah													
				Ysat (t/m3)												Average per lapis	
				BSW 1	BSW 2	BSW 3	BSW 4	BSW 5	BSW 6	BSW 7	BSW 8	BSW 9	BSW 10	mean	STD		CV
		0.00 ~ 2.00	silty clay	1.80	1.64	1.76	1.69	1.54	1.54	2.06	1.67	1.54	2.14	1.71	0.19	11.211	1.74
		2.00 ~ 5.00		1.67	1.61	1.76	1.63	1.53	1.55	1.83	1.67	1.53	2.20				1.70
		5.00 ~ 8.00		1.53	1.83	1.63	1.68	1.53	1.53	2.19	1.53	1.47	1.97				1.69
		8.00 ~ 11.00		1.50	2.06	1.59	1.65	1.54	1.53	1.72	1.51	1.56	1.96				1.66
		11.00 ~ 16.00		1.81	1.80	1.80	1.94	1.60	1.65	1.82	1.80	1.63	1.95				1.78
		16.00 ~ 17.00	silty sand	1.82	1.83	1.94	1.83	1.48	1.65	2.19	1.82	1.63	1.86	1.84	0.16	8.162	1.80
		19.00 ~ 20.00		1.87	1.94	2.02	1.93	1.97	1.57	1.93	1.86	1.53	1.78				1.84
20.00 ~ 21.00	1.87	1.97		2.02	2.21	1.95	2.17	1.96	1.84	1.87	1.81	1.97					
21.00 ~ 26.00	1.84	2.00		2.03	2.17	1.75	2.14	1.85	1.82	1.85	2.05	1.95					
26.00 ~ 29.00	1.91	1.91		2.02	2.04	1.84	2.12	1.91	1.89	1.82	1.99	1.95					
29.00 ~ 31.00	1.91	2.01		2.02	2.09	1.90	2.19	1.83	1.89	1.75	2.17	1.98					

Dapat dilihat dari **Tabel 4.3**, bahwa pengelompokan tanah berdasarkan karakteristik tanah *sat* antar BSW1 – BSW10 dapat dikelompokkan menjadi satu dan terlihat pula pengelompokan tanah telah sesuai dengan pengelompokan vertikal yang membagi tanah menjadi dua lapisan tanah yaitu *silty clay* dan *silty sand*. Kedua hal tersebut terlihat dari besaran nilai sebaran nilai sebaran *coefisien variasi* (CV) yang didapat yaitu 11,211% dan 8,162% berturut-turut pada jenis tanah *silty clay* dan *silty sand*. Untuk pengelompokan berdasarkan parameter tanah yang lain dapat dilihat pada tabel **lampiran II**.

Penentuan nilai berat volume saturated tanah didasarkan pada nilai berat jenis (G_s) dan angka pori tanah (e). Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e) \times \gamma_w}{1 + e}$$

Dimana,

Berat jenis tanah (G_s)	= 2.64
Angka pori tanah (e)	= 1.19
Berat volume air laut (γ_w)	= 1.03 t/m ³

$$\gamma_{sat} = \frac{(2.64 + 1.19) \times 1.03}{1 + 1.19} = 1.8 \text{ t/m}^3$$

Setelah didapatkan nilai karakteristik yang dibutuhkan (dalam pembahasan ini digunakan γ_{sat}), kemudian dilakukan pengecekan besaran nilai sebaran antar titik BSW1 – BSW10 berdasarkan nilai karakteristik tinjauanya. Sehingga perumusanya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan pada point 2.2 seperti berikut:

- a. *Silty clay* (0,00 ~ 16,00)
 - Rata-rata / *mean* (U) = 1,71
 - Standar Deviasi (STD) = 0.19
 - Koefisien Variasi (CV) = 11,211%
- b. *Silty sand* (16,00 ~ 31,00)
 - Rata-rata / *mean* (U) = 1,84
 - Standar Deviasi (STD) = 0.16
 - Koefisien Variasi (CV) = 8.162%

Dikarenakan hasil koefisien variasi pada lapisan *silty clay* lebih besar dari 10%, maka untuk mendapatkan nilai *statigrafi* dengan tingkat kepercayaan lebih baik digunakan rata-rata / *mean* (U) – (1 x Standar Deviasi (STD)). Sehingga nilai γ_{sat} yang digunakan dalam perencanaan sebesar 1.52 t/m³.

4.3 Korelasi Data Tanah

Korelasi ini bertujuan untuk mencari nilai pendekatan dari karakteristik tanah yang belum didapatkan datanya saat pengujian dan pengambilan sample di lapangan, seperti nilai koefisien pemampatan (C_c), koefisien kembang susut tanah (C_s), kecepatan pemampatan arah vertikal (C_v), dan modulus elastisitas (E). Hal ini didasarkan dengan menyeragamkan nilai-nilai karakteristik tanah di area perencanaan reklamasi dari tiap data tanah hasil pengujian BSW1 – BSW10, lalu di korelasi berdasarkan dari hasil analisa dan teori-teori yang ada. Hal ini bertujuan untuk memudahkan perhitungan dalam perencanaannya.

Tabel 4.4 Rekap Hasil korelasi

No	Kedalaman (m)	N-spt	Jenis Tanah	Ydry (t/m ³)	Ysat-1STD (t/m ³)	Gs	n	e	c (t/m ²)	Wc (%)	LL (%)	Cv (cm ² /s)	Cc	Cs	Cu (t/m ²)	E (t/m ²)	PI	Ø (°)
1	0.00 ~ 2.00	1.00	silty clay	0.83	1.52	2.56	0.69	2.27	0.31	84.03	74.77	0.000229	0.56	0.07	0.478	300	41.66	6
2	2.00 ~ 5.00																	
3	5.00 ~ 8.00																	
4	8.00 ~ 11.00																	
5	11.00 ~ 16.00																	
6	16.00 ~ 17.00	26.00	silty sand	1.29	1.84*	2.66	0.48	0.99	0.00	38.07	NP	-	-	-	0.00	2000	NP	28
7	19.00 ~ 20.00																	
8	20.00 ~ 21.00																	
9	21.00 ~ 26.00																	
10	26.00 ~ 29.00																	
11	29.00 ~ 31.00																	

(sumber : hasil analisis)

Note:

* : CV < 10%, digunakan hasil rata-rata statigrafi tanpa dikurangkan 1STD

Berikut merupakan korelasi yang digunakan dalam penentuan nilai parameter-parameter tanah pada **tabel 4.4**:

- Koefisien Pemampatan Tanah (C_c),
 - a. Lapisan tanah *silty clay* (Biarez & Favre) :
 $C_c = 0.009 (WL - 13) = 0.009 (74.77 - 13) = 0.56$
- Koefisien Pemampatan Tanah (C_v),
 - a. Lapisan tanah *silty clay* (Biarez) : 0.000229
- Koefisien Kembang Susut Tanah (C_s) , (Rendon-Herrero)
 - a. Lapisan tanah *silty clay*
 $C_s = 1/7.5 C_c \rightarrow C_s = 0.0747$
- Tegangan Prekonsolidasi P_c' (stas and kulhawy, 1984)
 $P_c' = 10^{(1.11 - 1.62 IL)} \times P_a$
 $IL = (W_c - WP)/IP$
 $= (84.03 - (74.77 - 41.66)) / 41.66 = 1.222$
 Jadi P_c'
 $P_c' = 10^{(1.11 - 1.62 \times 1.222)} \times 100 = 13.49 \text{ KN/m}^2 = 1.349 \text{ t/m}^2$
 $P_o' = \frac{1}{2} \times \gamma' \times h = 0.5 \times (1.52 - 1.03) \times 16 = 3.93 \text{ t/m}^2$
- Kuat Geser *undrained* C_u , (Bjerrum and simons, 1960)
 - a. Lapisan tanah *silty clay*
 $C_u = 0.118 \times (IL)^{0.15} \times P_o' = 0.118 \times 1.222^{0.15} \times 3.93$
 $= 0.478 \text{ t/m}^2$
- Modulus Elastisitas, (J.E Bowles, 1974)
 - a. Lapisan tanah *silty clay*
Very soft clay (E) = 3~30 kg/cm^2 , digunakan $E = 300 \text{ t/m}^2$
 - b. Lapisan tanah *silty sand*
Silty sand (E) = 50~200 kg/cm^2 , digunakan $E = 2000 \text{ t/m}^2$
- Sudut Geser, (*burt look*)

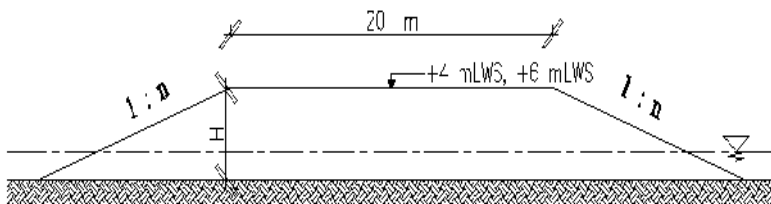
4.4 Data Tanah Timbunan

Pada perencanaan reklamasi dibutuhkan material timbunan dalam pekerjaanya. Tanah timbunan di lapangan didapat dari bukit daerah sekitar proyek, dimana material yang digunakan harus memenuhi persyaratan pada point 2.3 tentang

material reklamasi. Adapun data tanah timbunan yang digunakan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut :

Berat volume timbunan (γ_t)	= 1,85 t/m ³
Kohesi (c)	= 0
Sudut geser (ϕ)	= 30°

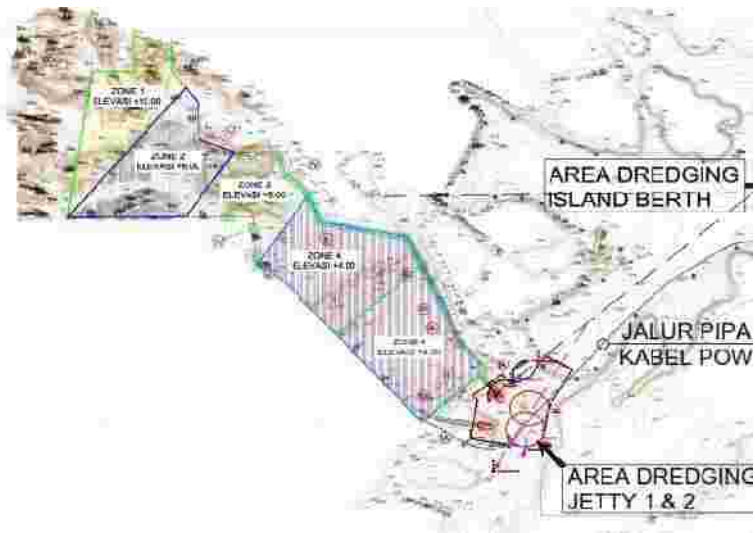
Dikarenakan penimbunan dilapangan tidak dapat dilaksanakan secara serempak seluas area rencana reklamasi, sehingga dalam perencanaan ini dimodelkan dengan menggunakan lebar atas timbunan sebesar 20m. Pengambilan angka ini dipertimbangkan berdasarkan mobilisasi alat berat dilapangan saat pelaksanaan penimbunan.



Gambar 4.3 Sketsa Rencana Reklamasi
(sumber : hasil pemodelan)

Sehingga untuk perencanaan reklamasi ini digunakan skema pemodelan seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 4.3** di atas.

Berdasarkan data bathimetri wilayah perairan rencana reklamasi, didapatkan elevasi yang berbeda-beda pada luasan areanya. Yang berarti area rencana reklamasi memiliki beberapa level kontur yang berbeda antar muka tanahnya. Berikut merupakan potongan layout lokasi proyek zona 3 dan 4 reklamasi.



Gambar 4.4 Layout Potongan Zonifikasi Area Reklamasi
(sumber : General Layout, LPPM-ITS)

Hal ini menyebabkan perencanaan tinggi timbunan tidak dapat direncanakan secara menyeluruh, melainkan direncanakan berdasarkan setiap zona dan ketinggian elevasi permukaan tanahnya. Berikut merupakan tinggi rencana tiap zona berdasarkan elevasinya dengan elevasi rencana zona 3 +6.00 mLWS dan zona 4 +4.00 mLWS.

- a. Zona 3 :
 - Elevasi ± 0.00 mLWS
 - Elevasi $- 1.00$ mLWS
- b. Zona 4 :
 - Elevasi ± 0.00 mLWS
 - Elevasi $- 1.00$ mLWS
 - Elevasi $- 2.00$ mLWS
 - Elevasi $- 5.00$ mLWS

4.5 Stabilitas Tanah Dasar Terhadap Keruntuhan

Pada sisi timbunan reklamasi, timbunan akan dibuat dengan memiliki nilai slope atau kemiringan *slope*. Hal ini bertujuan untuk menghindari bahaya longsor akibat keruntuhan tanah. Pada dasarnya ada beberapa jenis kelongsoran yaitu jenis *puncture* dan *rotational* sebagai mana telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Dalam aplikasinya perencanaan terhadap bahaya keruntuhan ini akan digunakan sebagai dasar perencanaan kemiringan slope yang akan digunakan.

Dalam penentuannya, akan digunakan program bantu berupa *XSTABL 5.2* sebagai program bantu menganalisa keruntuhan *rotational* nya dan analisa berdasarkan prinsip pondasi dangkal untuk keruntuhan *puncture* nya.

4.5.1 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Rotasional

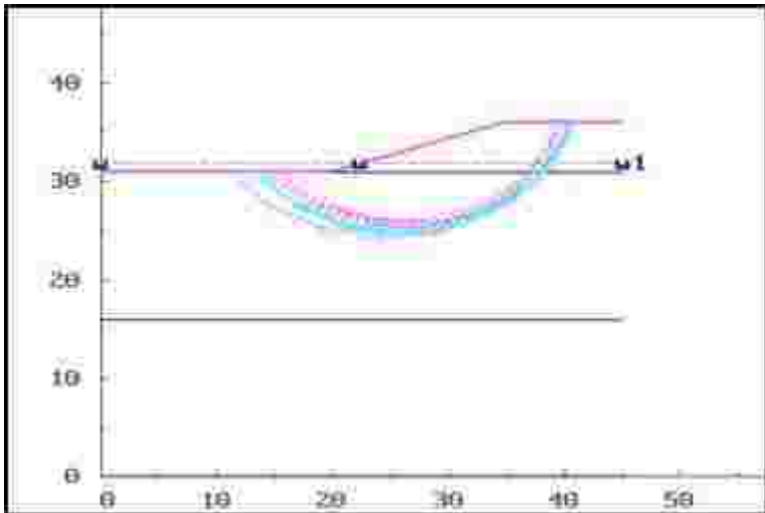
Dimana dengan bantuan program *XSTABL 5.2* tersebut akan terlihat besaran nilai faktor keamanan dari stabilitas lereng yang akan digunakan sebagai dasar pertimbangan terjadinya bahaya longsor. Pada pemodelanya akan digunakan dua kondisi pemodelan, yaitu kondisi muka air rendah dan tinggi.

- **Kondisi Muka Air Rendah**

Pada setiap kondisi yang dimodelkan, didasarkan pada level pasang surut muka air laut. Dimana pada kondisi muka air rendah ini digunakan pemodelan dengan mempertimbangkan kondisi lapangan ketika level muka air laut berada pada MSL (*Mean Sea Level*) dengan dasar elevasi yang digunakan ketika level muka air laut berada pada kondisi surut LLWS (*low lower water spring*). Berdasarkan hasil pengujian dilapangan, didapatkan kedudukan muka air laut daerah reklamasi sebagai berikut: (*LPPM-ITS*)

- MHHWS (Mean Higher High Water Spring) : 2.46 m
- MSL (Mean Sea Level) : 1.58 m
- MLLWS (Mean Low Lower Water Spring) : 0.6991 m

Pada perencanaanya akan digunakan variasi nilai tinggi timbunan (H) dan nilai slope (n) yang berbeda-beda untuk mencari angka keamanan yang cukup untuk mencegah terjadinya bahaya longsor. Berikut merupakan hasil analisa pemodelan dengan menggunakan program bantu XSTABL.



Gambar 4.5 Skema Pemodelan XSTABL Muka Air Rendah
(*sumber: hasil pemodelan*)

Terlihat pada gambar di atas merupakan pemodelan rencana timbunan reklamasi dengan kondisi muka air rendah. Pada pemodelan ini akan digunakan nilai variasi slope (n) 1, 1.5, 2, 2.5 dan 3 dengan variasi tinggi timbunan antara 1 ~ 5 m interval 0.5 m pada setiap pemodelanya.

Tabel 4.5 Rekap Hasil Nilai SF Kondisi Muka Air Rendah

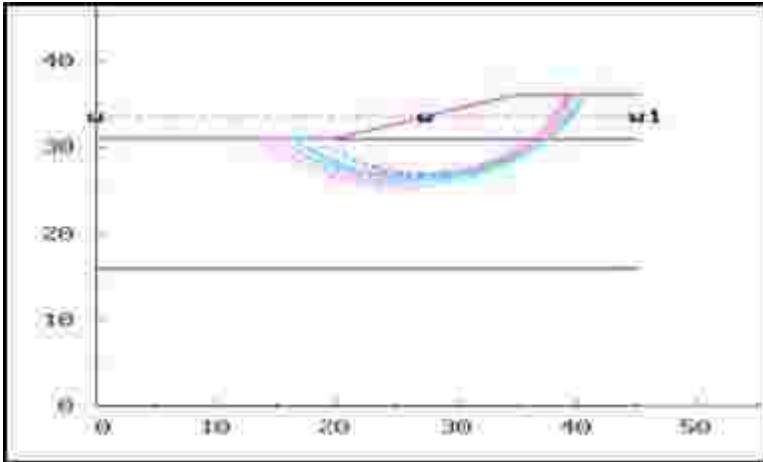
H (m)	nilai slope (1 : n)				
	1	1.5	2	2.5	3
1	3.06	3.09	3.20	3.27	3.30
2	1.28	1.30	1.34	1.37	1.42
2.5	1.05	1.08	1.11	1.15	1.36
3	0.92	0.95	0.96	1.00	1.04
3.5	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94
4	0.76	0.78	0.80	0.84	0.87
4.5	0.7	0.72	0.76	0.80	0.82
5	0.66	0.69	0.73	0.75	0.79

(sumber: hasil analisa)

Dari hasil analisa didapatkan nilai SF untuk setiap nilai variasi slope (n) dan tinggi timbunan (H) seperti pada **Tabel 4.5**. Terlihat semakin tinggi timbunan berbanding terbalik dengan dengan besaran nilai slopenya. Didapatkan angka keamanan SF terendah terdapat pada ketinggian 5 m dan slope 1 yaitu 0.66.

- **Kondisi Muka Air Tinggi**

Prinsip pemodelan yang digunakan pada kondisi ini menyerupai dengan kondisi muka air rendah, melainkan pada pemodelan ini dipertimbangkan saat kondisi lapangan mengalami pasang surut yang tinggi. Sehingga muka air yang digunakan ketika level muka air berapa pada posisi MHHWS (*Mean Higher High Water Spring*) dengan dasar elevasi yang digunakan ketika level muka air laut berada pada kondisi surut LLWS (*low lower water spring*). Berikut sketsa pemodelan pada program bantu XSTABL yang digunakan pada kondisi muka air tinggi.



Gambar 4.6 Skema Pemodelan XSTABL Muka Air Tinggi
(sumber: hasil pemodelan)

Terlihat pada **Gambar 4.6** muka air yang dimodelkan lebih tinggi bila dibandingkan dengan kondisi muka air rendah. Pada pemodelanya kondisi ini serupa dengan kondisi air rendah yaitu menggunakan variasi nilai slope (n) dan tinggi timbunan.

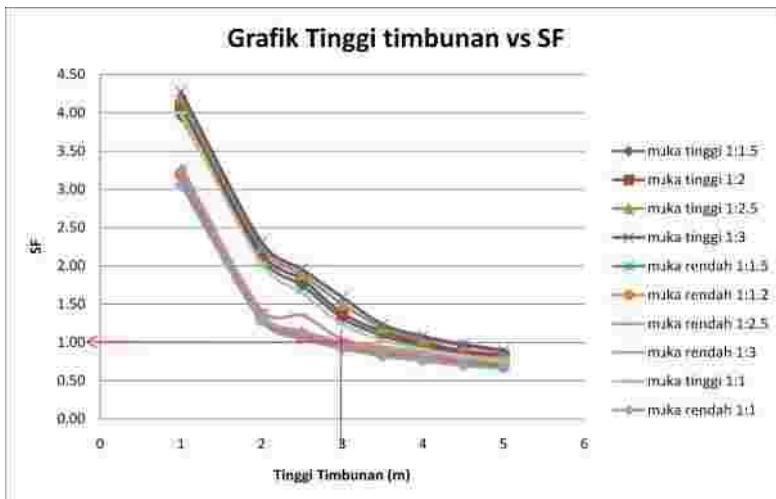
Tabel 4.6 Rekap Hasil Nilai SF Kondisi Muka Air Tinggi

H (m)	nilai slope (1 : n)				
	1	1.5	2	2.5	3
1	4	3.96	4.09	4.20	4.28
2	2.03	2.10	2.17	2.25	2.31
2.5	1.65	1.75	1.83	1.89	1.96
3	1.24	1.32	1.38	1.50	1.59
3.5	1.03	1.09	1.14	1.19	1.24
4	0.91	0.95	0.99	1.04	1.08
4.5	0.82	0.86	0.89	0.96	0.97
5	0.75	0.79	0.82	0.86	0.90

(sumber : hasil analisa)

Dari hasil analisa didapatkan nilai SF untuk setiap nilai variasi slope (n) dan tinggi timbunan (H) seperti pada **Tabel 4.6**. Terlihat semakin tinggi timbunan berbanding terbalik dengan dengan besaran nilai slopenya. Didapatkan angka keamanan SF terendah terdapat pada ketinggian 5 m dan slope 1 yaitu 0.75.

Dari kedua hasil analisa dengan pemodelan kondisi air rendah dan air tinggi didapatkan angka keamanan SF yang berbeda dengan tinggi timbunan dan nilai slope yang sama. Didapatkan angka keamanan pada kondisi muka air tinggi lebih besar bila dibandingkan dengan kondisi muka air rendah. Hal ini disebabkan dari tekanan air yang lebih besar pada saat muka tinggi, sehingga mengakibatkan dorongan terhadap sisi lereng timbunan yang dapat meningkatkan stabilitas sisi timbunan. Berikut merupakan grafik antara tinggi timbunan vs nilai SF berdasarkan nilai tiap slope dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Grafik H vs SF timbunan terhadap sliding muka air rendah dan tinggi
(sumber : hasil analisa)

Setelah ditampilkan dalam bentuk grafik, kemudian dicari tinggi timbunan yang mendapatkan hasil nilai $SF \geq 1$ dengan cara menarik garis vertikal memotong kurva dimana kurva tersebut menghasilkan nilai SF yang ditentukan. Sehingga dari hasil tersebut akan digunakan nilai slope sebagai perencanaan dengan nilai kemiringan 1:3, hal ini dipertimbangkan bahaya kelongsoran dari timbunan itu sendiri saat pelaksanaan penimbunan dilapangan. Untuk tinggi timbunan 3.0 m didapat SF pada kondisi muka air rendah yaitu sebesar 1.04. Sehingga pada pelaksanaanya penimbunan harus didahulukan dengan pembangunan tanggul penahan reklamasi setinggi 3.0 m untuk menambah sedikit kekuatan pada lereng timbunan untuk mengantisipasi bahaya longsor dan selalu dilakukan monitoring saat pelaksanaanya dengan *soil instrument monitoring*.

4.5.2 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Puncture

Keruntuhan puncture ini merupakan jenis keruntuhan tanah yang diakibatkan oleh ketidak mampuan tanah dasar dalam menahan beban timbunan di atasnya. Pada dasarnya keruntuhan ini dapat di analisa berdasarkan kemampuan daya dukung tanah dasarnya, prinsip yang digunakan yaitu perinsip perhitungan pondasi dangkal. Sehingga *safety factor* terhadap tinggi timbunan (H) yang dapat di topang oleh tanah dasar kondisi natural adalah

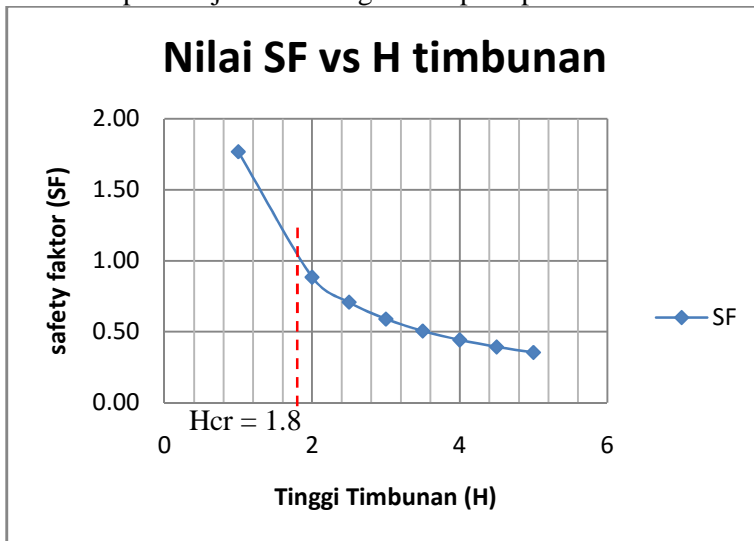
$$SF = \frac{C_u \times N_c}{\gamma \times H}$$

Untuk mendapatkan tinggi timbunan kritis (H_{cr}), maka diperlukan peninjauan nilai SF terhadap tinggi timbunan variasi (H). Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan besaran nilai SF pada setiap ketinggian timbunan yang ditinjau, yang kemudian dicari besar tinggi timbunan yang menghasilkan nilai $SF \geq 1$. Berikut merupakan besaran nilai SF terhadap tinggi timbunan variasi dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Rekap Hasil Nilai SF terhadap stabilitas *puncture*

H (m)	SF
1	1.77
2	0.88
2.5	0.71
3	0.59
3.5	0.50
4	0.44
4.5	0.39
5	0.35

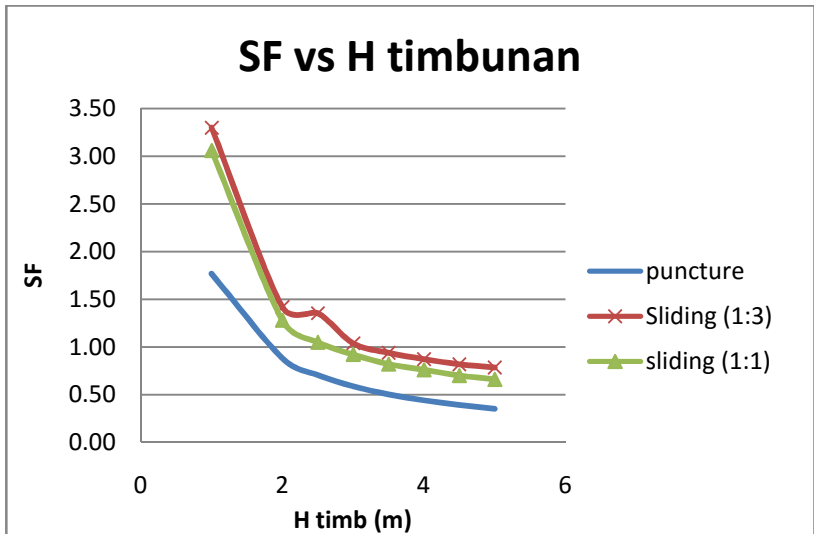
Terlihat pada **Tabel 4.7** tersebut terjadi penurunan nilai SF seiring dengan penambahan tinggi timbunan (H). Dengan data tersebut dapat disajikan dalam grafik seperti pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 Grafik Nilai H vs SF timbunan terhadap puncture
(Sumber: Hasil analisa)

Dari **Gambar 4.8** didapatkan besar nilai $SF \geq 1$ atau H_{cr} terhadap keruntuhan puncture sebesar 1.8 m.

Dari kedua hasil analisa tersebut dapat dilihat faktor penentu besar tinggi timbunan kritis (H_{cr}) akibat keruntuhan tanah timbunan disebabkan oleh tipe keruntuhan jenis *puncture*, hal ini dilihat dari tinggi timbunan (H) yang dapat di capai dengan nilai *safety factor* (SF) sebesar 1. Berikut merupakan grafik besaran nilai SF terhadap tinggi timbunan berdasarkan jenis keruntuhannya.



Gambar 4.9 Grafik SF vs H timbunan Kondisi Tanah Natural
(Sumber: Hasil analisa)

Dari **Gambar 4.9** didapatkan tinggi timbunan (H) untuk mendapatkan nilai $SF \geq 1$ berdasarkan jenis keruntuhan *sliding* dengan slope 1:3, 1:1 dan *puncture* berturut-turut adalah 3 m, 2.5 m dan 1.8 m.

Dikarenakan tinggi timbunan yang dibutuhkan dalam pekerjaan reklamasi ini ($H_{rencana}$) > tinggi timbunan kritis (H_{kritis}),

sehingga pada perencanaannya akan digunakan kemiringan timbunan dengan nilai slope sebesar 1:3 untuk memberikan nilai keamanan yang besar pada sisi lerengnya. Sedangkan untuk keruntuhan secara puncture akan diantisipasi menggunakan perkuatan tanah dasar berupa pencampuran atau penggantian material permukaan tanah dasar untuk meningkatkan parameter penahanya berupa C_u dan N_c nya.

Selain itu penimbunan secara bertahap harus dilakukan dengan monitoring menggunakan *soil monitoring instrumen* pada pelaksanaan pekerjaan timbunan. Hal ini menjadi suatu keharusan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya keruntuhan akibat tanah dasar saat pelaksanaan.

BAB V

PERENCANAAN REKLAMASI

5.1 Umum

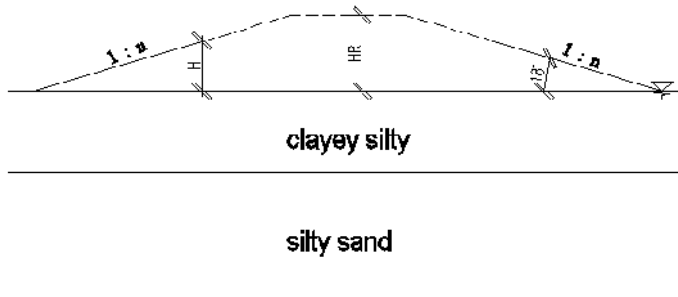
Dalam bab ini akan dibahas mengenai perencanaan reklamasi dengan tujuan untuk mengetahui tinggi awal timbunan atau tinggi yang harus dilaksanakan di lapangan, besar pemampatan yang terjadi akibat beban diatasnya, lama waktu pemampatan yang terjadi, jarak antar PVD, dan besar peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan. Sedangkan untuk *shore protection* yang digunakan berupa lapisan batu atau *armor layer*, namun untuk sisi timur laut akan digunakan turap sebagai struktur penahanya.

5.2 Perencanaan Tinggi Pelaksanaan Timbunan

Perencanaan tinggi timbunan pelaksanaan ini didasarkan dari besarnya pemampatan tanah (Sc) yang mengakibatkan tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) akan menjadi lebih tinggi dari tinggi rencana (H_{akhir}). Besar penurunan yang terjadi dipertimbangkan dari adanya penurunan *primary settlement* (Scp) dan *immediate settlement* (Si). Metode yang digunakan adalah metode *trial and eror* terhadap tiap tinggi timbunan variabel (H_R) yang dicari besaran nilai pemampatannya, kemudian dilanjutkan dengan metode grafis untuk mencari tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) yang dibutuhkan sesuai tinggi yang direncanakan (H_{akhir}).

Besaran tinggi timbunan (H_R) yang dicoba-coba menggunakan interval 0.5 m dengan variasi awal (H_R awal) sebesar tinggi rencana (H) ditambah 0.5 m. Misalkan tinggi timbunan rencana (H) sebesar 4 m, maka H_R yang digunakan sebesar 4.5 m, 5.0 m, 5.5 m, dan seterusnya. Dimana beban akibat

tinggi timbunan ini nantinya didistribusikan ke kedalaman tanah yang ditinjau (z) sebagai beban merata trapesium. Berikut dapat dilihat pada **Gambar 5.1** sketsa pembebanan reklamasi.



Gambar 5.1 Sketsa Beban Timbunan Reklamasi
(Sumber: Hasil pemodelan)

5.2.1 Penentuan Tinggi Awal Pelaksanaan (H_{awal})

Berdasarkan pada pembahasan pada point 4.4, perencanaan ini akan direncanakan berdasarkan tiap zona dan level elevasi permukaan tanahnya.

5.2.1.1 Tinggi Awal di Zona 3 Elevasi ± 0.00 mLWS

Tinggi awal ini didasarkan dari besaran nilai settlement yang terjadi, sehingga pada perencanaan ini akan dihitung besaran nilai settlement berdasarkan perumusan yang telah dibahas pada point 2.4.1. Berikut merupakan contoh perhitungan besar penurunan zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS dengan tinggi timbunan varian (H_R) 6.5 m.

a. *Immediate settlement* (S_i)

Mencari besar pemampatan akibat *immediate settlement* (S_i),

$$H_R = 6.5 \text{ m}$$

$$a = 28 \text{ m}$$

$$a' = 18 \text{ m}$$

$x = 0 \text{ m}$ (peninjauan pemampatan pada titik tengah timbunan)

- Lapisan 1 (*silty clay*)

- Mencari koefisien rH

$$h = 16 \text{ m}$$

$$h/a = 16/28 = 0.57$$

$$x/a = 0/28 = 0$$

$$rH = 0.147 \text{ (didapat dengan menggunakan bantuan Gambar 2.1)}$$

- mencari koefisien rH'

$$h = 16 \text{ m}$$

$$h/a' = 16/18 = 0.89$$

$$x/a' = 0/18 = 0$$

$$rH' = 0.268 \text{ (didapat dengan menggunakan bantuan Gambar 2.1)}$$

- mencari besar nilai *immediate settlement* (S_i)

dengan menggunakan persamaan pada point 2.4.2, didapat nilai S_i :

$$S_i = \frac{1.85 \times 6.5}{300} \times \frac{28^2}{28 - 18} \times \left[0.147 - \left(\frac{18}{28} \right)^2 \times 0.268 \right] = 0.114 \text{ m}$$

- Lapisan 2 (*silty sand*)

- Mencari koefisien rH

$$h/a = 15/28 = 0.54$$

$$x/a = 0/28 = 0$$

$$rH = 0.135 \text{ (didapat dengan menggunakan bantuan Gambar 2.1)}$$

- mencari koefisien rH'

$$h/a' = 15/18 = 0.83$$

$$x/a' = 0/18 = 0$$

$$rH' = 0.245 \text{ (didapat dengan menggunakan bantuan **Gambar 2.1**)}$$

- mencari besar nilai *immediate settlement* (S_i) dengan menggunakan persamaan pada point 2.4.2, didapat nilai S_i :

$$S_i = \frac{1.85 \times 6.5}{2000} \times \frac{28^2}{28 - 18} \times \left[0.135 - \left(\frac{18}{28} \right)^2 \times 0.245 \right] = 0.0159 \text{ m}$$

$$S_{i\text{tot}} = 0.114 + 0.0159 = 0.1298 \text{ m}$$

b. Primary settlement (S_c)

- Lapisan 1 (*clayey silty*)

Data tanah :

$$H_R = 6.5 \text{ m}$$

$$h_1 = 16 \text{ m}$$

$$z = 8 \text{ m}$$

$$e_0 = 2.27$$

$$C_s = 0.074$$

$$C_c = 0.556$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.52 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_w = 1.03 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma' = 1.52 - 1.03 = 0.49 \text{ t/m}^3$$

Menghitung tegangan overburden (P_o') pada tengah lapisan,

$$P_o' = \gamma' \times h/2 = 0.49 \times 16/2 = 3.930 \text{ t/m}^2$$

$$P_c' = 1.349 \text{ t/m}^2$$

Cek tipe konsolidasi (OCR),

$$P_c'/P_o' = 1.349/3.93 = 0.343 < 1 \text{ (normal consolidation)}$$

Menghitung besar penambahan tegangan akibat beban timbunan (Δp),

$$B_1 = 10 \text{ m}$$

$$B_2 = 18 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} a_1 &= \tan^{-1} \{(B_1 + B_2)/z\} - \tan^{-1} (B_1/z) \text{ (radian)} \\ &= \tan^{-1} \{(10 + 18)/8\} - \tan^{-1} (10/8) \text{ (radian)} \\ &= 0.3964 \text{ (radian)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_2 &= \tan^{-1} (B_1/z) \text{ (radian)} \\ &= \tan^{-1} (10/8) \text{ (radian)} \\ &= 0.896 \text{ (radian)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= 2 * q_o / \pi [\{(B_1 + B_2)/B_2\} \times (a_1 + a_2) - B_1/B_2(a_2)] \\ &= 2 * (6.5 \times 1.85) / \pi [\{(10 + 18)/18\} \times (0.3964 + 0.896) - 10/18(0.896)] \\ &= 11.58 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Besaran total tegangan akibat adanya tambahan tegangan dari beban timbunan,

$$(P_o' + \Delta p) = 3.93 + 11.58 = 15.511 \text{ t/m}^2$$

Sehingga digunakan perumusan pada point 2.4.3 1 untuk menentukan besaran (S_{cp}),

$$S_{cp} = \frac{0.556 \times 16}{1 + 2.27} * \log \left(\frac{15.511}{3.93} \right) = 1.622 \text{ m}$$

- Lapisan 2 (*silty sand*)

Tidak mengalami konsolidasi primer, dikarenakan pemampatan terjadi pada lapisan soft clay hingga medium clay.

$$Sc_{tot} = 1.622 + 0 = 1.622 \text{ m}$$

Sehingga Sc_{tot} adalah penjumlahan antara *immediate settlement* dengan *primary settlement*,

$$Sc_{tot} = Si_{tot} + Sc_{tot} = 0.1298 + 1.622 = 1.7517 \text{ m}$$

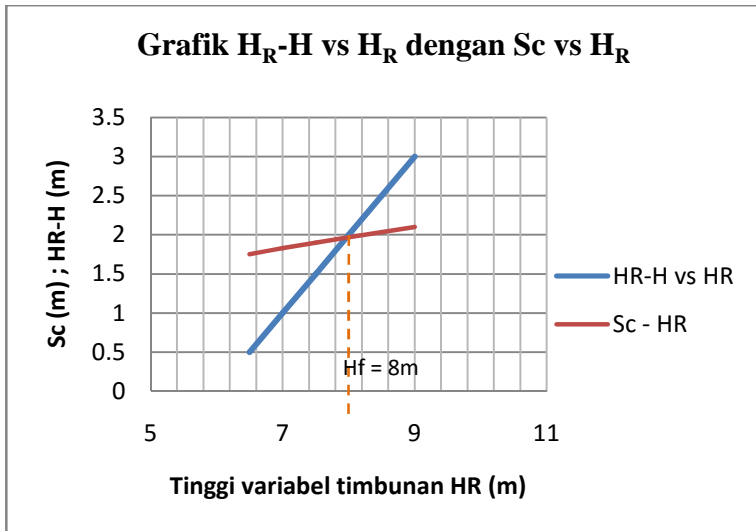
Perhitungan dilakukan berulang dengan menggunakan seluruh besaran tinggi timbunan variasi (H_R) untuk mendapatkan nilai Sc dan H_R-H . Berikut merupakan hasil rekap keseluruhan nilai Sc dan H_R-H berdasarkan besaran tinggi timbunan variasi (H_R) pada zona 3 elevasi +0 mLWS dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

Tabel 5.1 Hasil Rekap Nilai Sc total dan H_R-H Zona 3 Elevasi +0 mLWS

No	H (m)	H_R (m)	H_R-H (m)	Sc Primary (m)	Sc Immediate (m)	Sc total (m)
1	6	6.5	0.5	1.622	0.130	1.7517
2		7	1	1.688	0.140	1.8276
3		7.5	1.5	1.750	0.150	1.9001
4		8	2	1.810	0.160	1.9694
5		8.5	2.5	1.866	0.170	2.0359
6		9	3	1.920	0.180	2.0998

(sumber: Hasil analisa)

Setelah direkap, kemudian dibuat grafik hubungan antara H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R berdasarkan rekap hasil pada **Tabel 5.1**. Berikut dapat dilihat grafik tersebut pada **Gambar 5.2** dibawah ini.



Gambar 5.2 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 3
Elevasi ± 0.00 mLWS
(Sumber: Hasil analisa)

Dapat dilihat pada **Gambar 5.2** Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan, akibat adanya settlement yang terjadi tinggi timbunan pelaksanaan akan menjadi lebih tinggi bila dibandingkan dengan tinggi timbunan rencana. Dengan menggunakan grafik tersebut dapat dicari tinggi timbunan pelaksanaan dengan cara menarik garis secara vertikal dari titik perpotongan antara kurva H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R . Metoda ini lah yang disebut dengan metoda grafis dalam penentuan H_{awal} timbunan.

Sehingga didapat tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) untuk zona 3 pada elevasi ± 0.00 mLWS sebesar 8 m.

5.2.1.2 Tinggi Awal di Zona 3 Elevasi – 1.00 mLWS

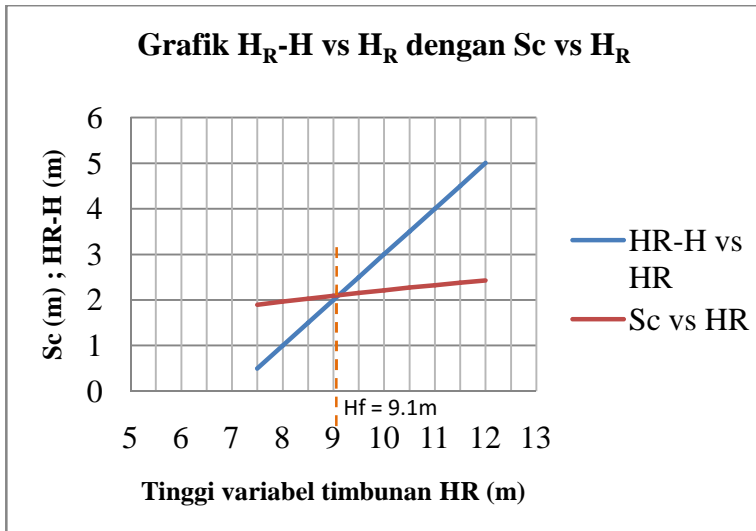
Pada perhitungan zona 3 elevasi -1.00 mLWS ini digunakan metode perhitungan yang serupa dengan zona 3 elevasi +0 mLWS hingga didapatkan hasil rekap keseluruhan nilai Sc dan H_R-H berdasarkan besaran tinggi timbunan variasi (H_R), seperti tabel berikut.

Tabel 5.2 Hasil Rekap Nilai Sc total dan H_R-H Zona 3 Elevasi -1 mLWS

No	H (m)	H_R (m)	H_R-H (m)	Sc Primary (m)	Sc Immediate (m)	Sc total (m)
1	7	7.5	0.5	1.7542	0.141	1.895
2		8	1	1.8136	0.150	1.964
3		8.5	1.5	1.8702	0.160	2.030
4		9	2	1.9242	0.169	2.093
5		9.5	2.5	1.9758	0.179	2.154
6		10	3	2.0252	0.188	2.213
7		10.5	3.5	2.0727	0.197	2.270
8		11	4	2.1183	0.207	2.325
9		11.5	4.5	2.1622	0.216	2.379
10		12	5	2.2046	0.226	2.430

(Sumber: Hasil analisa)

Setelah direkap, kemudian dibuat grafik hubungan antara H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R berdasarkan rekap hasil pada **Tabel 5.2**. Berikut dapat dilihat grafik tersebut pada **Gambar 5.3** dibawah ini.



Gambar 5.3 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 3
Elevasi -1.00 mLWS
(sumber: Hasil analisa)

Dengan menggunakan metode grafis seperti di atas didapat perpotongan titik antara kurva H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R yang merupakan tinggi pelaksanaan timbunan (H_{awal}) yang akan digunakan dalam pelaksanaan. Sehingga dengan tinggi timbunan rencana (H) 7 meter didapat tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) untuk zona 3 pada elevasi -1 mLWS sebesar 9.1 m.

5.2.1.3 Tinggi Awal di Zona 4 Elevasi + 0 mLWS

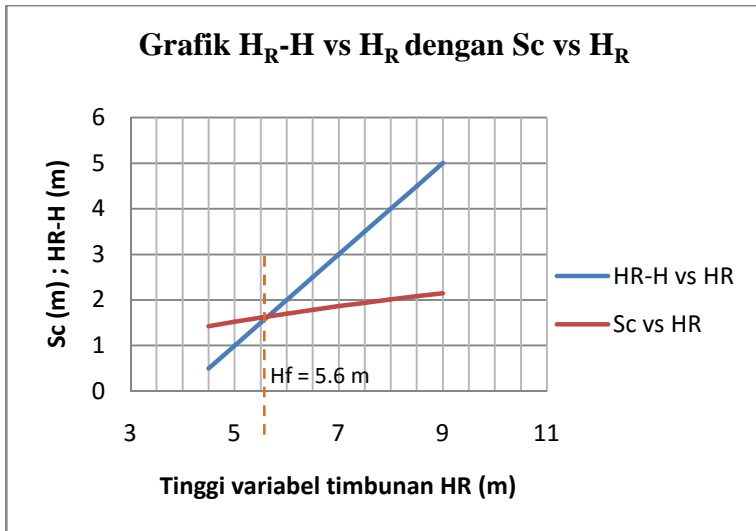
Pada perhitungan zona 4 elevasi + 0.00 mLWS ini digunakan metode perhitungan yang serupa dengan zona 3 hingga didapatkan hasil rekap keseluruhan nilai Sc dan H_R-H berdasarkan besaran tinggi timbunan variasi (H_R), seperti tabel berikut.

Tabel 5.3 Hasil Rekap Nilai Sc total dan H_R -H Zona 4 Elevasi ± 0.00 mLWS

No	H (m)	H_R (m)	H_R -H (m)	Sc Primary (m)	Sc Immediate (m)	Sc total(m)
1	4	4.5	0.5	1.3035	0.120	1.424
2		5	1	1.3881	0.134	1.522
3		5.5	1.5	1.4670	0.147	1.614
4		6	2	1.5410	0.161	1.702
5		6.5	2.5	1.6107	0.174	1.785
6		7	3	1.6764	0.187	1.864
7		7.5	3.5	1.7387	0.201	1.940
8		8	4	1.7979	0.214	2.012
9		8.5	4.5	1.8543	0.228	2.082
10		9	5	1.9080	0.241	2.149

(Sumber: Hasil analisa)

Setelah direkap, kemudian dibuat grafik hubungan antara H_R -H vs H_R dan Sc vs H_R berdasarkan rekap hasil pada **Tabel 5.3**. Berikut dapat dilihat grafik tersebut pada **Gambar 5.4** dibawah ini.



Gambar 5.4 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 4
Elevasi ± 0.00 mLWS
(Sumber: Hasil analisa)

Dengan menggunakan metode grafis seperti di atas didapat perpotongan titik antara kurva H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R yang merupakan tinggi pelaksanaan timbunan (H_{awal}) yang akan digunakan dalam pelaksanaan. Sehingga dengan tinggi timbunan rencana (H) 4 meter didapat tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) untuk zona 4 pada elevasi ± 0.00 mLWS sebesar 5.6 m.

5.2.1.4 Tinggi Awal di Zona 4 Elevasi – 1.00 mLWS

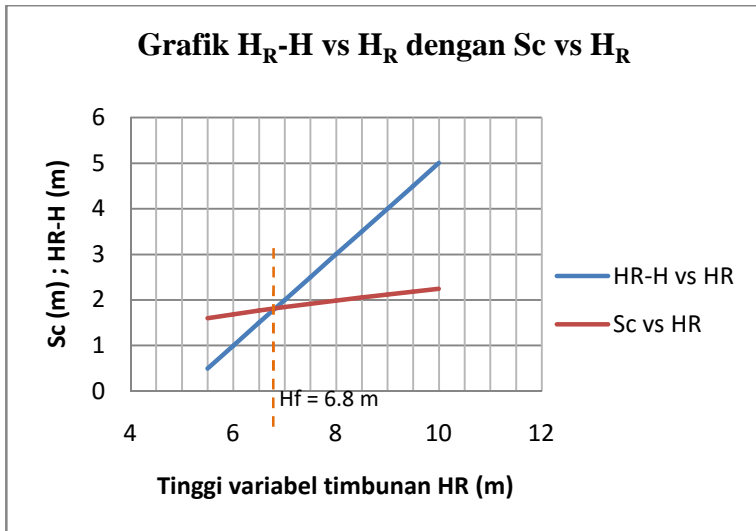
Pada perhitungan zona 4 elevasi - 1 mLWS ini digunakan metode perhitungan yang serupa dengan zona 3 hingga didapatkan hasil rekap keseluruhan nilai Sc dan H_R-H berdasarkan besaran tinggi timbunan variasi (H_R), seperti tabel berikut.

Tabel 5.4 Hasil Rekap Nilai Sc total dan H_R-H Zona 4 Elevasi -1 mLWS

No	H (m)	HR (m)	HR-H (m)	Sc Primary (m)	Sc Immediate (m)	Sc total (m)
1	5	5.5	0.5	1.4731	0.126	1.5989
2		6	1	1.5472	0.137	1.6845
3		6.5	1.5	1.6170	0.149	1.7657
4		7	2	1.6829	0.160	1.8430
5		7.5	2.5	1.7453	0.172	1.9169
6		8	3	1.8045	0.183	1.9876
7		8.5	3.5	1.8610	0.194	2.0555
8		9	4	1.9149	0.206	2.1208
9		9.5	4.5	1.9664	0.217	2.1837
10		10	5	2.0157	0.229	2.2445

(Sumber: Hasil analisa)

Setelah direkap, kemudian dibuat grafik hubungan antara H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R berdasarkan rekap hasil pada **Tabel 5.4**. Berikut dapat dilihat grafik tersebut pada **Gambar 5.5** dibawah ini.



Gambar 5.5 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 4
Elevasi -1.00 mLWS
(Sumber: Hasil analisa)

Dengan menggunakan metode grafis seperti di atas didapat perpotongan titik antara kurva H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R yang merupakan tinggi pelaksanaan timbunan (H_{awal}) yang akan digunakan dalam pelaksanaan. Sehingga dengan tinggi timbunan rencana (H) 5 meter didapat tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) untuk zona 4 pada elevasi -1.00 mLWS sebesar 6.8 m.

5.2.1.5 Tinggi Awal di Zona 4 Elevasi – 2.00 mLWS

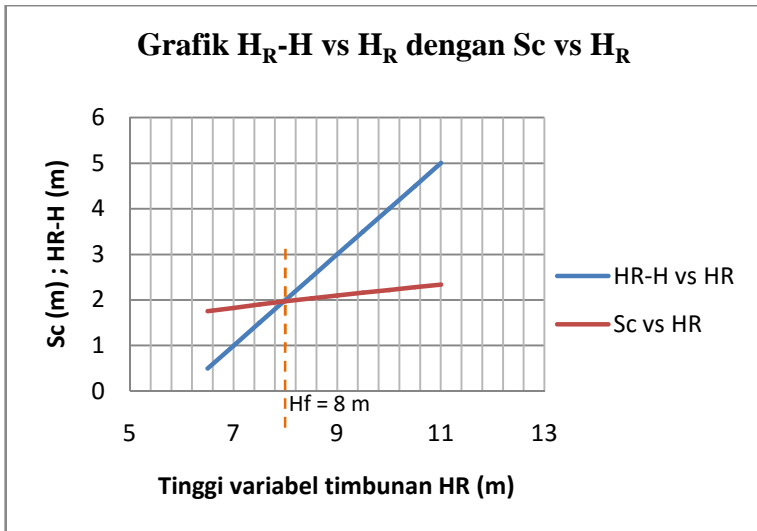
Pada perhitungan zona 4 elevasi - 2 mLWS ini digunakan metode perhitungan yang serupa dengan zona 3 hingga didapatkan hasil rekap keseluruhan nilai Sc dan H_R-H berdasarkan besaran tinggi timbunan variasi (H_R), seperti tabel berikut.

Tabel 5.5 Hasil Rekap Nilai Sc , H_{awal} dan H_{akhir} Zona 4 Elevasi - 2 mLWS

No	H (m)	HR (m)	HR-H (m)	Sc primary (m)	Sc Immediate (m)	Sc total (m)
1	6	6.5	0.5	1.6218	0.130	1.7517
2		7	1	1.6878	0.140	1.8276
3		7.5	1.5	1.7503	0.150	1.9001
4		8	2	1.8096	0.160	1.9694
5		8.5	2.5	1.8661	0.170	2.0359
6		9	3	1.9201	0.180	2.0998
7		9.5	3.5	1.9716	0.190	2.1614
8		10	4	2.0210	0.200	2.2207
9		10.5	4.5	2.0685	0.210	2.2782
10		11	5	2.1141	0.220	2.3337

(Sumber: Hasil analisa)

Setelah direkap, kemudian dibuat grafik hubungan antara H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R berdasarkan rekap hasil pada **Tabel 5.5**. Berikut dapat dilihat grafik tersebut pada **Gambar 5.6** dibawah ini.



Gambar 5.6 Grafik besar tinggi timbunan pelaksanaan Zona 4
Elevasi -2.00 mLWS
(Sumber: Hasil analisa)

Dengan menggunakan metode grafis seperti di atas didapat perpotongan titik antara kurva H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R yang merupakan tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) yang akan digunakan dalam pelaksanaan. Sehingga dengan tinggi timbunan rencana (H) 6 meter didapat tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) untuk zona 4 pada elevasi -2.00 mLWS sebesar 8 m.

5.2.1.6 Tinggi Awal di Zona 4 Elevasi - 5 mLWS

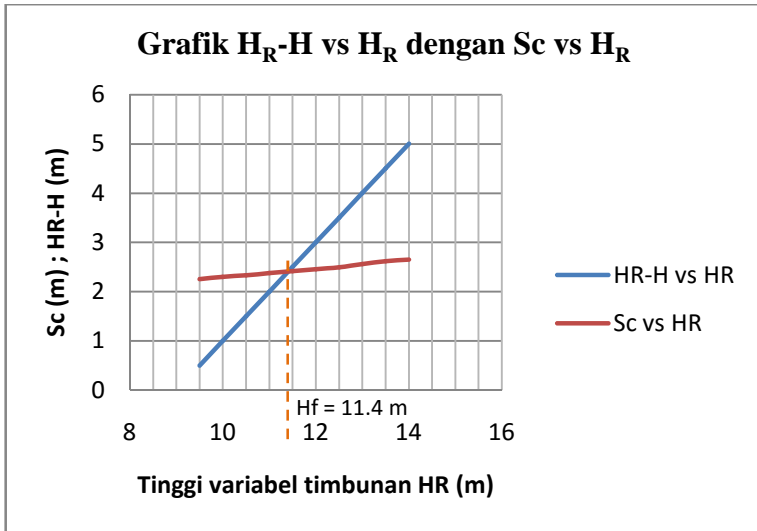
Pada perhitungan zona 4 elevasi - 5 mLWS ini digunakan metode perhitungan yang serupa dengan zona 3 hingga didapatkan hasil rekap keseluruhan nilai Sc dan H_R-H berdasarkan besaran tinggi timbunan variasi (H_R), seperti tabel berikut.

Tabel 5.6 Hasil Rekap Nilai Sc, Hawal dan Hakhir Zona 4 Elevasi - 5 mLWS

No	H (m)	HR (m)	HR-H (m)	Sc Primary (m)	Sc Immadiate (m)	Sc total (m)
1	9	9.5	0.5	2.0030	0.254	2.257
2		10	1	2.0519	0.249	2.301
3		10.5	1.5	2.0985	0.237	2.336
4		11	2	2.1428	0.234	2.377
5		11.5	2.5	2.1847	0.232	2.417
6		12	3	2.2238	0.235	2.458
7		12.5	3.5	2.2593	0.239	2.499
8		13	4	2.2893	0.270	2.559
9		13.5	4.5	2.3092	0.307	2.616
10		14	5	2.3092	0.344	2.653

(Sumber: Hasil analisa)

Setelah direkap, kemudian dibuat grafik hubungan antara H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R berdasarkan rekap hasil pada **Tabel 5.6**. Berikut dapat dilihat grafik tersebut pada **Gambar 5.7** dibawah ini.



Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara H_{awal} vs H_{akhir} Zona 4
Elevasi – 5.00 mLWS
(Sumber: Hasil analisa)

Dengan menggunakan metode grafis seperti di atas didapat perpotongan titik antara kurva H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R yang merupakan tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) yang akan digunakan dalam pelaksanaan. Sehingga dengan tinggi timbunan rencana (H) 9 meter didapat tinggi timbunan pelaksanaan (H_{awal}) untuk zona 4 pada elevasi -5.00 mLWS sebesar 11.4 m.

5.3 Perhitungan Lama Waktu Konsolidasi

Lamanya pemampatan tanah dapat dihitung dengan menggunakan perumusan-perumusan yang ada. Dalam perencanaan ini digunakan perumusan Terzaghi dalam Das (1988) dan untuk menyeragamkan nilai c_v digunakan berdasarkan ABSI (1965) dalam Wahyudi (1997), seperti pada point 2.4.5.

5.3.1 Menghitung Besar Kecepatan Pemampatan (Cv)

Besaran kecepatan pemampatan yang digunakan merupakan nilai rata-rata dari tiap lapisan tanah dasarnya, sehingga perumusan dapat digunakan sebagai **Tabel 5.7** berikut.

Tabel 5.7 Besaran Nilai h dan h/ Cv Berdasarkan Tiap Lapisannya

Titik Tinjau	hi (m)	Cc	Cs	Cv	e ₀	z	h/ Cv
1	16	0.56	0.0741	0.000229	2.27	8	1057.310
2	0	-	-	-	1.03	8	0.000
S =	16						1057.310
S ² =	256						1117903.930

(Sumber: Hasil analisa)

Sehingga besaran $cv_{rata-rata}$ sebagai berikut,

$$Cv_{rata-rata} = \frac{256}{1117903.93} = 0.000229 \text{ cm}^2/\text{s}$$

atau

$$cv_{rata-rata} = 0.01384992 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Dapat disimpulkan dari hasil rekap **Tabel 5.7** lapisan pasir tidak memiliki nilai cv, sehingga waktu pemampatan hanya dipengaruhi oleh cv dari lapisan lempung (titik tinjau 1). Waktu yang dibutuhkan untuk pemampatan dengan derajat konsolidasi 90% diperhitungkan sebagai berikut,

Menentukan besaran Faktor Waktu (Tv)

$$U > 60\%, Tv = 1.781 - 0.933 \log (100 - U\%)$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.781 - 0.933 \log (100 - 90) \\
 &= 0.848
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$t = \frac{0.848 \times 8 \times 8}{0.01384992} = 3919 \text{ minggu}$$

atau,

$$t = 75.4 \text{ tahun}$$

sehingga, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% dalam perencanaan reklamasi ini adalah selama 75.4 tahun.

Adapula lama pemampatan yang terjadi berdasarkan derajat konsolidasinya dapat dilihat pada **Tabel 5.8** berikut ini.

Tabel 5.8 Besaran Waktu Pemampatan Berdasarkan Derajat Konsolidasinya

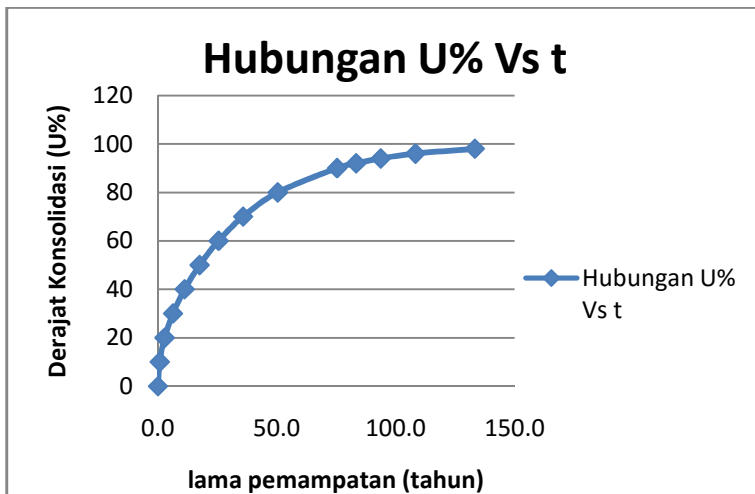
Derajat Konsolidasi	Faktor Waktu	Lamanya Pemampatan	
		t (minggu)	t (tahun)
U%	T _v		
0	0	0	0.0
10	0.008	37	0.7
20	0.031	144	2.8
30	0.071	329	6.3
40	0.126	583	11.2
50	0.197	911	17.5
60	0.287	1327	25.5
70	0.403	1863	35.8
80	0.567	2621	50.4

Lanjutan Tabel 5.8

90	0.848	3919	75.4
92	0.938	4337	83.4
94	1.055	4876	93.8
96	1.219	5635	108.4
98	1.500	6933	133.3
100	~	~	~

(Sumber: Hasil analisa)

Tabel di atas merupakan hasil rekap waktu pemampatan berdasarkan derajat konsolidasi. Berikut merupakan grafik hubungan antara derajat konsolidasi (U%) vs waktu pemampatan (t).



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara U% vs t dalam tahun

(Sumber: Hasil analisa)

Dari grafik di atas terlihat bahwa semakin besar derajat konsolidasi semakin besar waktu pemampatan yang terjadi.

Dimana didapat dengan $U = 90\%$, didapat $t = 75.4$ tahun, sedangkan $U = 98\%$ didapat $t = 133.3$ tahun.

Dikarenakan waktu pemampatan yang hingga mencapai puluhan bahkan ratusan tahun, maka dibutuhkan percepatan pemampatan tanah untuk mempercepat terjadinya pemampatan. Pada perencanaan ini akan digunakan PVD (*Prefabricated Vertical Drain*).

5.4 Perencanaan Prefabricated Vertical Drain (PVD)

Perencanaan ini dimaksudkan untuk mempercepat terjadinya pemampatan, karena fungsi PVD itu sendiri yang dapat membantu mempercepat keluarnya air pori dalam tanah. Pada perencanaan ini akan dilakukan perhitungan akibat penggunaan PVD dengan pola pemasangan segitiga dan mencari jarak antar PVD yang dibutuhkan. Dikarenakan waktu pelaksanaan proyek reklamasi yang terbatas, sehingga pekerjaan penimbunan dan percepatan pemampatan harus dilakukan dengan secepat mungkin. Pada perencanaan ini digunakan asumsi masa tunggu *consolidation settlement* PVD selama 6 bulan atau 24 minggu.

5.4.1 Jarak antar PVD

Pada perhitungan ini akan dijabarkan cara mencari jarak PVD yang akan digunakan di lapangan, dengan menggunakan metode grafis (*J.P BRU, 1983*). Perhitungan ini didasarkan oleh masa tunggu penggunaan PVD dan panjang aliran pada lapisan *compressible* (Hdr).

Diketahui derajat konsolidasi arah vertikal ($U_v\%$) , sebagai berikut.

$$C_v = 0.000229 \text{ cm}^2/\text{s} = 2.29 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$$

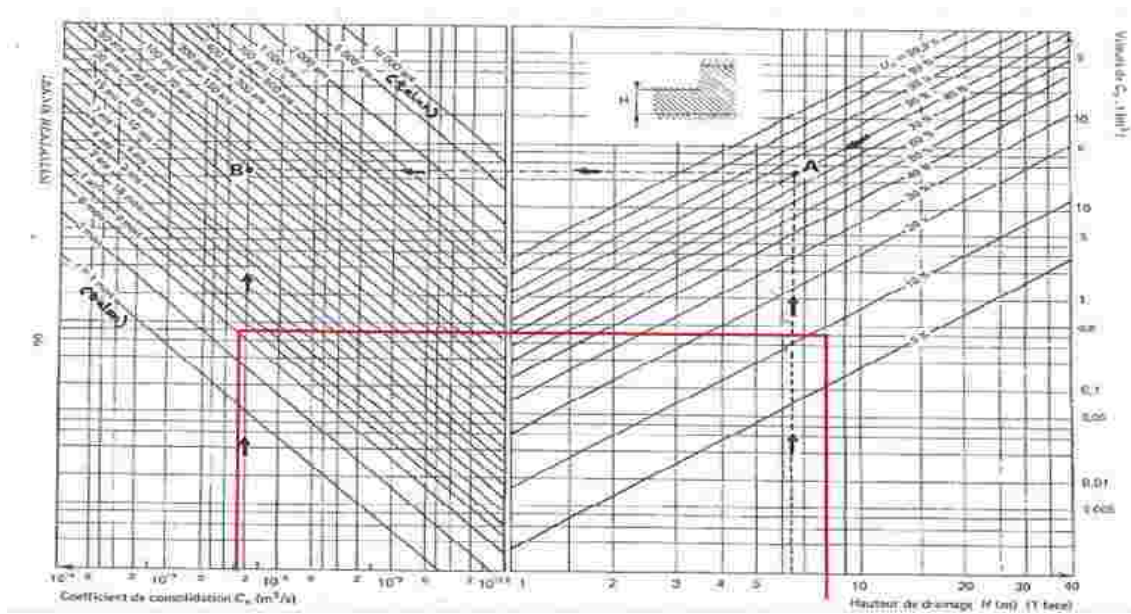
Hdr = 8 m (dikarenakan lapisan tanah dibawah *compressible soil* merupakan tanah pasir, sehingga arah aliran air digunakan 2 arah atau $\frac{1}{2} H$)

Koefisien konsolidasi tanah arah horizontal akibat aliran air pori arah radial (C_h)

$C_h \approx k_h/k_v \times C_v$ ($k_h/k_v \approx 2 \sim 5$ (for clay with occasional silt dusting, *Wahyudi 1997*), digunakan $k_h/k_v = 3$

Jadi,

$$C_h = 3 \times C_v = 3 \times 2.29.10^{-8} \text{ m}^2/\text{s} = 6.87 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$$



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara C_v , masa tunggu, Hdr, dan U_v (J.P BRU, 1983)
(Sumber: Hasil analisa)

Dengan menggunakan bantuan **Gambar 5.9** didapat nilai derajat konsolidasi arah vertikal ($U_v\%$) dengan masa tunggu 6 bulan adalah sebesar 9%.

Dimensi PVD yang digunakan CeTeau - Drain:

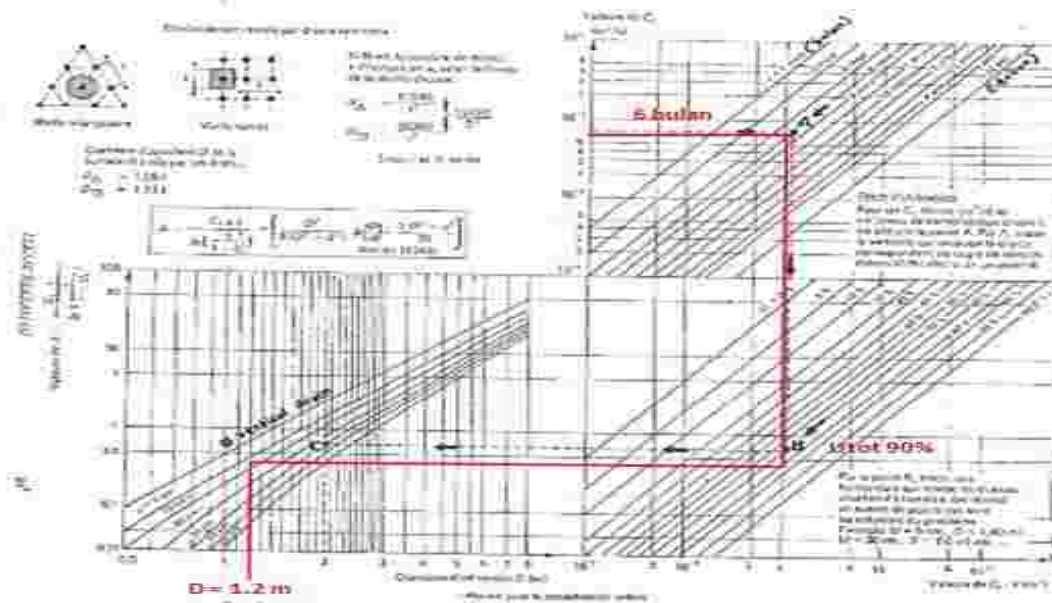
Lebar (a) = 100 mm

Tebal (b) = 5 mm

Dia. Ekiv PVD (d_w):

$$\frac{2 \times (a+b)}{\pi} = \frac{2 \times (100+5)}{\pi} = 0.066845 \text{ m}$$

Dengan menggunakan metode grafis, didapatkan besae diameter pengaruh akibat PVD (D) adalah sebagai berikut.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Ch , U_{tot} , dan dw PVD (LCPC, 1981)
(Sumber: Hasil analisa)

Dari Grafik pada **Gambar 5.10** dengan menggunakan parameter kecepatan konsolidasi arah radial atau horizontal (Ch), derajat konsolidasi total ($U_{tot}\%$), dan diameter ekuivalen PVD (dw) lalu menghubungkannya dengan tarikan garis lurus antar parameter tersebut, didapatkan nilai diameter pengaruh tanah akibat pemasangan PVD (D) adalah sebesar 1.2 m.

Dengan demikian, jika digunakan pola pemasangan PVD berbentuk segitiga jarak antar PVD yang dibutuhkan sebagai berikut

$$\begin{aligned} D &= 1.05 \times S \text{ (pola segitiga)} \\ S &= D / 1.05 = 1.2 / 1.05 = 1.14 \text{ m} \end{aligned}$$

Didapatkan jarak antar PVD sebesar 1.14 m, namun untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan, jarak PVD yang digunakan sebesar 1.1 m.

Menghitung nilai derajat konsolidasi akibat aliran air radial atau horizontal ($U_h\%$), untuk $U_{tot} = 90\%$

$$U_{tot} = (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\%$$

$$0.9 = (1 - (1 - U_h) \times (1 - 0.09)) \times 100\%$$

$$U_h = 89 \%$$

Sehingga didapatkan dengan menggunakan pola pemasangan segitiga dan jarak (S) 1.1 m dengan masa tunggu konsolidasi PVD selama 6 bulan didapat U_h sebesar 89%.

5.4.2 Derajat Konsolidasi Mingguan Akibat adanya PVD

Digunakan pola pemasangan PVD segitiga dan jarak pemasangan (S) 1.1 m dengan masa tunggu 6 bulan untuk mencapai derajat konsolidasi total ($U_{tot}\%$) >90%.

Dikarenakan penimbunan tidak dapat dilaksanakan secara keseluruhan hingga mencapai tinggi pelaksanaan, maka dibutuhkan penimbunan bertahap, dimana pada pentahapanya akan digunakan waktu pengerjaan dalam satuan minggu dengan tinggi timbunan sebesar 0.5 m per minggu. Sehingga untuk mengetahui derajat konsolidasi total ($U_{tot}\%$) akibat pola pemasangan PVD tiap minggunya perlu diperhitungkan besar derajat konsolidasi tiap minggunya.

$$D = 1.05 \times 1.1 = 1.16 \text{ m}$$

$$Ch = 6.87 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s} = 0.042 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$dw = 0.066845 \text{ m}$$

$$n = D / dw = 17.279$$

Menghitung faktor hambatan tanah akibat pemasangan PVD (F_n),

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

$$F(n) = \left(\frac{17.279^2}{17.279^2 - 1^2} \right) \left[\ln 17.279 - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4 \times 17.279^2} \right) \right] = 2.11$$

Dengan menetapkan nilai $F(n)$, dilakukan trial and error terhadap nilai F_s dan F_r yang didasarkan dengan hasil besar U_h didapatkan hasil $F(n) + F_s + F_r = 1.28 F(n)$.

Sehingga besar derajat konsolidasi horizontal (U_h %) dalam 1 minggu dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$U_h = \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{tx8xCh}{D^2xF(n)} \right)}} \right) \right]$$

$$U_h = \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1x8x0.042}{1.16^2x1.28x2.11} \right)}} \right) \right] = 8.83 \%$$

Pemasangan PVD harus dilakukan pada elevasi lebih tinggi dari HWL, sehingga elevasi pemasangan dilakukan pada elevasi +3.00 mLWS. Akibat adanya elevasi pemasangan PVD tersebut menjadikan selama penimbunan tanpa PVD derajat konsolidasi yang berpengaruh hanya akibat vertikal saja (U_v). Pada zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS U_v baru bekerja bersamaan bersama U_h akibat PVD saat tinggi timbunan tanah di atas elevasi PVD, sehingga untuk itu U_v yang bekerja secara bersamaan dengan U_h adalah pada tahapan penimbunan ke 7

$$\begin{aligned} U_{tot} &= (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\% \\ &= (1 - (1 - 0.0883) \times (1 - 0.043918)) \times 100 \\ &= 12.83 \% \end{aligned}$$

Perhitungan dilakukan kembali untuk minggu selanjutnya hingga didapatkan derajat konsolidasi total > 90%. Berikut merupakan hasil rekap perhitungan derajat konsolidasi total, dengan pola PVD segitiga dan jarak pemasangan 1.1 m.

Tabel 5.9 Hasil Rekap Derajat Konsolidasi Total dengan Pola PVD Segitiga dan Jarak 1.1 m

Minggu	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot
1	0.00151484	0.0439	0.09	12.834132
2	0.00173124	0.0469	0.17	20.783077
3	0.00194765	0.0498	0.24	27.993894
4	0.00216405	0.0525	0.31	34.538266
5	0.00238046	0.0551	0.37	40.480032
6	0.00259686	0.0575	0.43	45.876332
7	0.00281327	0.0598	0.48	50.778477
8	0.00302967	0.0621	0.52	55.232665
9	0.00324608	0.0643	0.56	59.280565
10	0.00346248	0.0664	0.60	62.959814
11	0.00367889	0.0684	0.64	66.304443
12	0.00389529	0.0704	0.67	69.345255
13	0.00411170	0.0724	0.70	72.110144
14	0.00432810	0.0742	0.73	74.624391
15	0.00454451	0.0761	0.75	76.910915
16	0.00476091	0.0779	0.77	78.990507
17	0.00497732	0.0796	0.79	80.882029
18	0.00519372	0.0813	0.81	82.6026
19	0.00541013	0.0830	0.83	84.167778

Lanjutan **Tabel 5.9**

20	0.00562653	0.0846	0.84	85.591664
21	0.00584294	0.0863	0.86	86.887084
22	0.00605934	0.0878	0.87	88.065686
23	0.00627575	0.0894	0.88	89.138052
24	0.00649215	0.0909	0.89	90.1138

(Sumber: Hasil analisa)

Dari hasil rekap seperti pada **Tabel 5.9** di atas, didapatkan nilai derajat konsolidasi di umur setiap minggunya terjadi peningkatan. Pada perencanaan ini yang akan digunakan adalah derajat konsolidasi total (Ut_{tot}) yang mencapai >90% pada umur atau masa tunggu konsolidasi 6 bulan (24 minggu), dimana didapatkan hingga minggu ke-24 nilai Ut_{tot} sudah mencapai 90.11 %.

5.5 Perencanaan Pelaksanaan Penimbunan Bertahap

Dikarenakan pelaksanaan penimbunan yang tidak dapat dilaksanakan langsung setinggi tinggi timbunan pelaksanaan, maka diperlukan pelaksanaan timbunan bertahap. Pada perencanaan ini digunakan kecepatan penimbunan di lapangan dengan tebal timbunan 50 cm/minggu, sehingga untuk mencapai ketinggian rencana tiap zona dan elevasinya memiliki jumlah tahapan yang berbeda.

Untuk setiap pentahapan dihitung besar pemampatan yang terjadi akibat *primary* dan *immediate settlement* nya hingga mencapai tinggi timbunan pelaksanaan. Namun akibat pengaruh PVD baru dapat diperhitungkan pada elevasi pemasangan PVD. Misalkan untuk tinggi timbunan

pelaksanaan pada zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS dibutuhkan tinggi pelaksanaan (Hawal) 8 m. Tahapan penimbunan dilakukan hingga elevasi $+3.00$ mLWS kemudian dilanjutkan pemasangan PVD dan dilanjutkan dengan penimbunan tahap selanjutnya dibarengi dengan masa tunggu konsolidasi selama 6 bulan penggunaan PVD.

Dikarenakan penggunaan percepatan pemampatan menggunakan PVD sebelumnya, sehingga besaran settlement yang didapat perlu dikonversikan akibat adanya pengaruh pemasangan PVD tersebut. Dimana konversi ini diperhitungkan dengan cara mengalikan besar settlement yang terjadi (S_c) dengan derajat konsolidasi total ($U_{tot} \%$) sesuai dengan pola pemasangan yang direncanakan yaitu pola segitiga dengan jarak 1.1 m.

Dengan dilakukan perhitungan mencari besar settlement seperti perhitungan saat mencari tinggi timbunan pelaksanaan, didapatkan hasil besar settlement untuk tahap pertama setelah pemasangan PVD sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi timbunan (h)} &= 3 \text{ m} \\
 \text{Beban timbunan (q)} &= h \times \gamma_{\text{timb}} = 3 \times 1.85 = 5.55 \text{ t/m}^2 \\
 S_{c \text{ primary}} &= 1.035 \text{ m} \\
 S_{c \text{ immediate}} &= 0.072 \text{ m} \\
 S_{c \text{ tot}} &= 1.035 + 0.072 = 1.107 \text{ m} \\
 U_{tot} \% &= 12.83 \%
 \end{aligned}$$

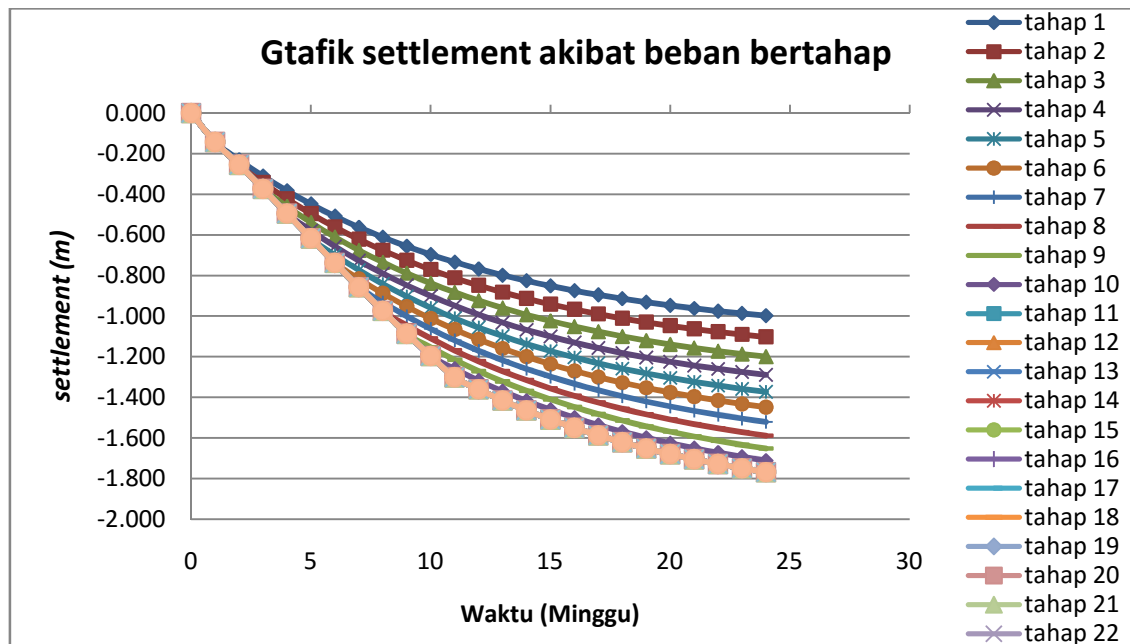
Sehingga, $S_{c \text{ tot}}$

$$S_{c \text{ 1minggu}} = S_{c \text{ tot}} \times U_{tot} = 1.107 \times 12.83\% = 0.142 \text{ m}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk tiap tahapan penimbunan yang selanjutnya, hingga tahap masa tunggu konsolidasi PVD selesai. Hasil settlement yang didapat kemudian dicatat untuk kemudian direkap hasilnya dan di buatkan grafik penurunan berdasarkan penambahan waktu per minggu dan penambahan beban akibat penimbunan bertahap.

Dari perhitungan tersebut didapatkan besar settlement pada tahap ke-11 sampai ke-24 mempunyai besar yang sama. Hal ini disebabkan oleh pentahapan yang digunakan untuk mencapai tinggi timbunan pelaksanaan pada perencanaan zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS yaitu 11 tahapan dengan lama penggunaan PVD selama 24 minggu, sehingga pada masa tunggu tahap ke-11 hingga tahap ke-24 tidak ada beban yang bekerja atau tidak ada penambahan beban yang bekerja pada timbunan. Sedangkan settlement akan bertambah bila tanah dasar mendapatkan penambahan beban dari luar, oleh karena itu tidak terjadi penambahan nilai settlement pada minggu-minggu tersebut.

Untuk mempermudah pembacaan hasil penimbunan bertahap, dapat dilihat pada gambar berikut yaitu gambar grafik settlement akibat beban bertahap.



Gambar 5.11 Grafik Settlement akibat Beban Bertahap Zona 3 Elevasi ± 0.00 mLWS
(Sumber: Hasil analisa)

Terlihat pada **Gambar 5.11** terjadi penurunan yang sangat besar pada tahap pertama sebelum pemasangan PVD. Didapat besar settlement pada minggu pertama setelah pemasangan PVD mencapai 1.107 m. Setelah itu besaran pemampatan terus bertambah besar seiring dengan penambahan beban tiap tahap penimbunanya. Hingga masa tunggu selesai atau tahap 24 didapatkan besar settlement (S_c) sebesar 1.768 m dengan Utot pola PVD segitiga hingga mencapai 90.11%. Perhitungan yang sama juga dilakukan pada zona 3 dan 4 untuk elevasi masing-masing yang lainnya.

5.6 Kenaikan Daya Dukung Tanah akibat Pemampatan Tanah

Sebagai akibat terjadinya konsolidasi pada suatu lapisan tanah, maka lapisan tanah yang bersangkutan akan menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah menjadi meningkat akibat adanya kenaikan nilai C_u (*Undrained shear strength*). Dikarenakan pelaksanaan penimbunan secara bertahap, sehingga mengakibatkan peningkatan daya dukung juga akan meningkat secara bertahap sesuai dengan derajat konsolidasi pemampatan akibat pengaruh PVD yang digunakan sebagai metode percepatan pemampatan tanah.

Peninjauan kenaikan daya dukung tanah ini dilakukan pada setiap zona dan elevasinya masing-masing, hal ini dikarenakan tiap zona dan elevasi memiliki tinggi timbunan yang berbeda sehingga memiliki pembebanan yang berbeda pula.

5.6.1 Tegangan tanah awal (*overburden pressure*)

Tegangan overburden (P_o') tanah didapat dari perhitungan-perhitungan sebelumnya, $P_o' = 3.93 \text{ t/m}^2$.

5.6.2 Penambahan Tegangan akibat beban bertahap (Δp)

Penambahan tegangan ini diakibatkan oleh pembebanan tanah secara bertahap yang dilakukan saat pelaksanaan penimbunan. Sehingga setiap tahap penimbunannya memiliki besar penambahan tegangan yang berbeda pula, juga dipengaruhi oleh derajat konsolidasi ($U\%$) akibat PVD dan lama pentahapan (minggu tahapan).

Pada perhitungan ini akan dijabarkan perhitungan untuk tahap penimbunan ke-1 setelah umur 24 minggu pada zona 3 elevasi $\pm 0.00 \text{ mLWS}$. Dengan menggunakan persamaan pada poin 2.5.3 sehingga dapat dijabarkan seperti berikut:

$$\Delta p_{1-U1} = \left(\frac{p_o' + \Delta p_1}{p_o'} \right)^U \cdot p_o' - p_o'$$

Dimana,

Penambahan beban bila $U = 100\%$ tinggi timbunan tahap 1, $\Delta p = 5.5 \text{ t/m}^2$

Derajat konsolidasi ($U\%$ 24minggu) = 90.11%

Sehingga,

$$P_o' + \Delta p_1 = 3.93 + 5.5 = 9.43 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta p_{1-U1} = \left(\frac{9.43}{3.93} \right)^{0.9011} \times 3.93 - 3.93 = 4.72 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan penambahan tegangan dilakukan secara keseluruhan hingga penambahan beban pada tahap penimbunan yang terakhir dengan derajat konsolidasi (U%) berdasarkan umur timbunan tiap minggunya.

Dari hasil besar penambahan beban tiap tahapnya sesuai umur timbunan per tahapannya, kemudian di jumlahkan untuk mendapatkan penambahan tegangan totalnya ($\Sigma\sigma'$). Dari rekap hasil perhitungan didapatkan besar $\Sigma\sigma'$ dengan jumlah tahap timbunan 11 tahap dan lama masa tunggu PVD 24 minggu pada zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS adalah sebesar 15.987 t/m^2 . Kemudian nilai tersebut dikorelasi dengan menggunakan perumusan *Skempton, 1957* dengan harga PI sebesar 41.66 % sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Cu &= (0,11 + 0.00037 \text{ PI}) \sigma_p' \\ &= (0.11 + 0.00037 \cdot 41.66) \times 15.987 \\ &= 2.005 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk besar penambahan tegangan pada minggu ke-2 hingga ke-24 dapat dilihat pada **lampiran II b**.

5.6.3 Peningkatan Nilai Cu

Dari hasil analisa penambahan tegangan akibat pembebanan bertahap, didapatkan nilai Cu baru untuk setiap zona dan elevasinya masing-masing. Berikut merupakan hasil rekap Cu baru setiap zona dan masing-masing elevasinya.

Tabel 5.10 Hasil Rekap nilai Cu baru zona 3 dan 4 Area Reklamasi

No	Zona	Elevasi (mLWS)	H awal (m)	Cu lama (t/m ²)	Cu Baru (t/m ²)
1	3	0.00	8	0.48	2.005
2		-1.00	9.1	0.48	2.218
3	4	0.00	5.6	0.48	1.575
4		-1.00	6.8	0.48	1.805
5		-2.00	8	0.48	2.02
6		-5.00	11.5	0.48	2.663

(Sumber: Hasil analisa)

Dapat dilihat pada hasil rekap pada **Tabel 5.10** nilai Cu yang diakibatkan oleh adanya pekerjaan timbunan reklamasi menghasilkan peningkatan nilai dari Cu lama yang hanya sebesar 0.48 t/m² menjadi Cu baru sebesar 1.575 ~ 2.663 t/m². Dikarenakan hasil yang bervariasi pada setiap zona dan elevasinya, sehingga untuk memudahkan penggunaan dalam perencanaan data tersebut akan dilakukan statigrafi pada besaran nilainya. Berikut merupakan hasil statigrafi pada besaran variasi nilai Cu baru.

Tabel 5.11 Hasil Statigrafi nilai Cu baru Zona 3 dan 4 Area Reklamasi

Cu Baru (t/m²)	mean (N)	STD	cv
2.005	2.048	0.340	16.59
2.218			
1.575			
1.805			
2.02			
2.663			

(Sumber: Hasil analisa)

Dilihat dari **Tabel 5.11** didapatkan besaran nilai sebaran *coefisien variasi* (CV) sebesar 16.59%, dimana artinya tingkat kepercayaan terhadap nilai rata-rata yang dilakukan adalah sebesar 100% - 16.59% yaitu 83.41%. Dalam pengelompokan tanah atau yang biasa disebut statigrafi tanah, besaran angka kepercayaan yang digunakan adalah sebesar 80% dimana hal ini disebabkan keragaman tanah yang sangat beragam. Oleh karena itu penggunaan nilai Cu baru untuk zona 3 dan 4 digunakan hasil rata-rata dari sebaran nilai Cu baru, namun untuk memberi angka keamanan dikarenakan nilai sebaran (CV) lebih besar dari 10% nilai peningkatan Cu baru rata-rata dikurangi 1STD sehingga besar peningkatan Cu menjadi 1.71 t/m².

5.6.4 Korelasi Data Tanah Setelah PVD Selesai

Berikut merupakan peningkatan data tanah dasar akibat adanya konsolidasi setelah proses pemampatan dengan PVD selesai.

Tabel 5.12 Korelasi Data Tanah Setelah Konsolidasi Selesai

H (m)	Jenis Tanah	dry (t/m ³)	sat (t/m ³)	n	e	Wc (%)	Cu (t/m ²)	Ø (°)
0 sd 16	<i>Silty clay</i>	1.4	1.88	0.48	0.93	34.4	1.71	17

(Sumber: Hasil analisa)

Dari **Tabel 5.12** dapat dilihat peningkatan nilai parameter data tanah dari data tanah awal. Korelasi ini didasarkan pada besar nilai peningkatan Cu dengan menggunakan perumusan *Skempton, 1957* yang kemudian dikorelasi untuk mendapatkan nilai parameter tanah yang lain menggunakan *Biarez dan Burt Look*.

$$Cu = (0.11 + 0.00037 \times PI) \times Po' \quad (\text{Skempton, 1957})$$

$$\gamma' = \frac{Cu_{baru}}{(0.11 + 0.00037 \times PI) \times H}$$

$$\gamma' = \frac{1.71}{(0.11 + 0.00037 \times 41.66) \times 16} = 0.85 \text{ t/m}^2$$

jadi,

$$\gamma_{sat} = \gamma' + \gamma_w = 0.85 + 1.025 = 1.88 \text{ t/m}^2$$

Dengan menggunakan tabel *Biarez* untuk $\gamma_{sat} = 1.88 \text{ t/m}^2$ didapat,

$$\gamma_{dry} = 1.4 \text{ t/m}^2$$

$$n = 0.48$$

$$e = 0.93$$

$$W_c = 34.4 \%$$

dan, sudut geser didapat berdasarkan korelasi nilai *friction angel* untuk tanah *cohesive* pada *Burt Look*, $\phi = 17^\circ$

5.7 Stabilitas Timbunan dan Lereng Timbunan Sebelum dan Setelah PVD Selesai

Dengan adanya kenaikan daya dukung tanah menyebabkan stabilitas tanah dasar terhadap timbunan dan lereng pun mengalami perubahan. Untuk itu perlu dilakukan analisa terhadap stabilitasnya bahaya longsor tidak terjadi.

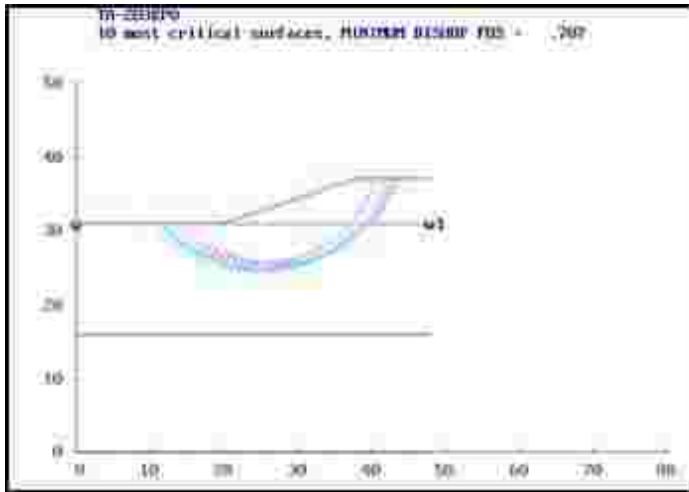
5.7.1 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Rotational Setelah PVD

Dalam analisisnya akan menggunakan program bantu berupa *xstabl 5.2*. Berikut merupakan hasil output analisa *xstabl 5.2* stabilitas tanah dasar terhadap lereng timbunan reklamasi setelah PVD selesai digunakan.

- a. Sebelum menggunakan PVD (Natural) :
 - > Zona 3 elevasi +0 mLWS, safety faktor = 0.707
 - > Zona 3 elevasi -1 mLWS, safety faktor = 0.687
 - > Zona 4 elevasi +0 mLWS, safety faktor = 0.834
 - > Zona 4 elevasi -1 mLWS, safety faktor = 0.792

- > Zona 4 elevasi -2 mLWS, safety faktor = 0.800
- > Zona 4 elevasi -5 mLWS, safety faktor = 0.755

Berikut **Gambar 5.12** merupakan salah satu contoh pemodelan *xstabl* 5.2 stabilitas tanah asli (sebelum menggunakan PVD).

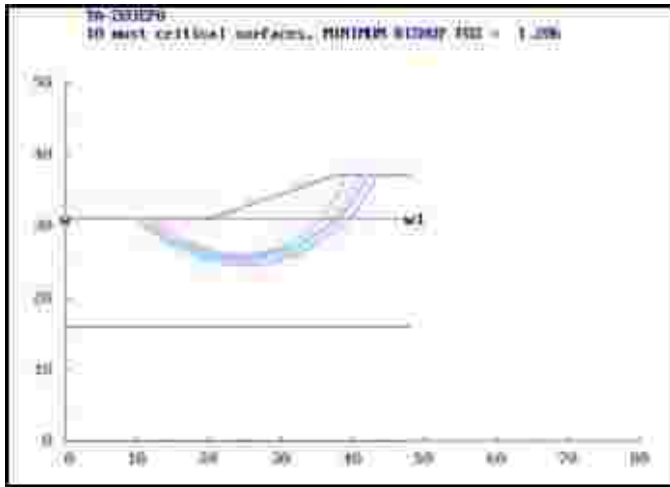


Gambar 5.12 Hasil Analisa Xstabl 5.2 Zona 3 Elevasi ± 0.00 mLWS Sebelum PVD
(Sumber: Hasil pemodelan)

- b.** Setelah selesai menggunakan PVD :
- Zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS, safety faktor = 1.2 (aman)
 - Zona 3 elevasi -1.00 mLWS, safety faktor = 1.187 (aman)
 - Zona 4 elevasi ± 0.00 mLWS, safety faktor = 1.426 (aman)
 - Zona 4 elevasi -1.00 mLWS, safety faktor = 1.375 (aman)
 - Zona 4 elevasi -2.00 mLWS, safety faktor = 1.417 (aman)

- Zona 4 elevasi -5.00 mLWS, safety faktor=1.308(aman)

Berikut **Gambar 5.13** merupakan salah satu contoh pemodelan *xstabl* 5.2 stabilitas tanah setelah perbaikan (Selesai menggunakan PVD).



Gambar 5.13 Hasil Analisa Xstabl 5.2 Zona 3 Elevasi ± 0.00 mLWS Setelah Selesai PVD
(Sumber: Hasil pemodelan)

Dapat dilihat dari hasil analisa longsor timbunan menggunakan bantuan program *XSTABL* 5.2 terjadi peningkatan nilai safety faktor antara tanah natural dengan setelah selesai percepatan pemampatan menggunakan PVD. Dimana untuk zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS didapat SF kondisi natural 0.707 yang kemudian dapat meingkat hingga 1.2, dikarenakan SF telah

mencapai >1 maka kondisi lereng tersebut dalam kategori aman dari bahaya longsor.

5.7.2 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Puncture Setelah PVD

Perlu dicek kembali stabilitas tanah dasar terhadap keruntuhan Puncture. Akibat penggunaan PVD didapatkan peningkatan daya dukung tanah dasar, oleh karena itu perlu di kontrol kembali apakah tanah dasar mampu menahan keruntuhan terhadap puncture. Berikut merupakan hasil analisa keruntuhan terhadap puncture.

a. Sebelum menggunakan PVD (Natural) :

- > Zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS, safety faktor = 0.29
- > Zona 3 elevasi -1.00 mLWS, safety faktor = 0.25
- > Zona 4 elevasi ± 0.00 mLWS, safety faktor = 0.44
- > Zona 4 elevasi -1.00 mLWS, safety faktor = 0.35
- > Zona 4 elevasi -2.00 mLWS, safety faktor = 0.29
- > Zona 4 elevasi -5.00 mLWS, safety faktor = 0.20

b. Setelah selesai menggunakan PVD :

- > Zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS, safety faktor= 1.90(aman)
- > Zona 3 elevasi -1.00 mLWS, safety faktor= 1.63 (aman)
- > Zona 4 elevasi $+0.00$ mLWS, safety faktor= 2.85(aman)
- > Zona 4 elevasi -1.00 mLWS, safety faktor= 2.28 (aman)
- > Zona 4 elevasi -2.00 mLWS, safety faktor= 1.90 (aman)
- > Zona 4 elevasi -5.00 mLWS, safety faktor= 1.27 (aman)

Jika dilihat dari hasil analisa, didapatkan peningkatan nilai SF antara kondisi natural dengan setelah selesai

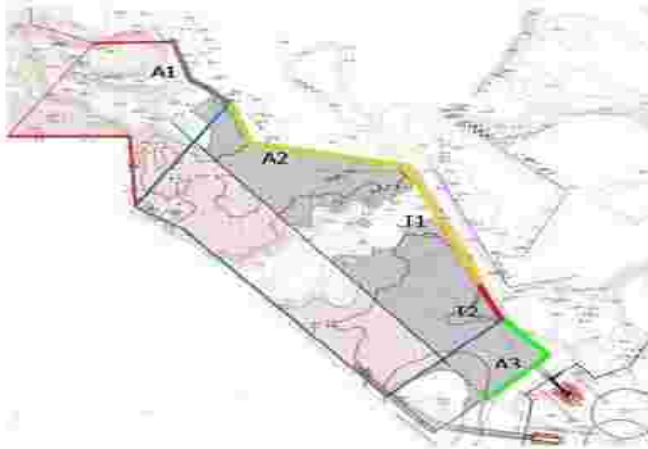
menggunakan PVD. Dengan peningkatan daya dukung tanah akibat penggunaan PVD didapatkan nilai $SF > 1$, yang artinya tanah dasar mampu menahan beban tanah timbunan di atasnya (tidak terjadi keruntuhan *puncture*).

5.8 Perencanaan Shore Protection

Shore protection ini dimaksudkan sebagai pelindung bagi material timbunan dari gerusan akibat arus dan gelombang air laut. Pada bagian dalam atau dibalik batu dipasang *filter cloth* berupa *geotextile non woven* yang berfungsi untuk air dapat tetap mengalir dari dalam maupun luar timbunan namun tidak bagi material timbunan reklamasi. Pada perencanaan ini akan di rencanakan dua jenis penahan pantai, yaitu berupa *shore protection* dengan *armor layer* yang memiliki nilai *slope* dan *shore protection* vertikal berupa turap untuk bagian pesisir *canal* (sisi timur reklamasi).

5.8.1 Lokasi Perencanaan Shore Protection

Pada perencanaanya *shore protection* hanya dipasang pada area yang berbatasan dengan laut, sehingga tidak untuk setiap sisi lereng area reklamasi. Berikut merupakan lokasi perencanaan *shore protection* untuk area reklamasi zona 3 dan 4 dapat dilihat pada **Gambar 5.14**.



Gambar 5.14 Lokasi perencanaan *shore protection*
(sumber: Hasil analisa)

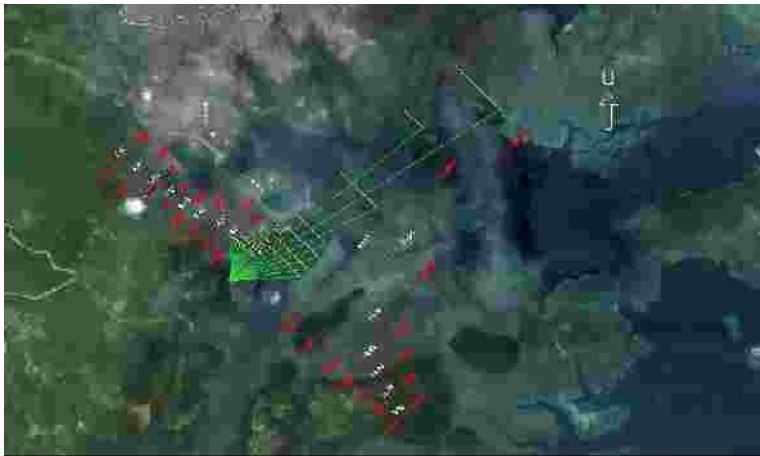
Pada perencanaan ini akan digunakan *shore protection* berupa armor layer (A) dan turap baja (T). Berdasarkan **Gambar 5.14** ada tiga area pemasangan armor layer dan dua area pemasangan turap baja, berikut merupakan lokasi yang dimaksud:

- Armor Layer (A)
 - A1 : Zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS
 - A2 : Zona 4 elevasi -2.00 mLWS
 - A3 : Zona 4 elevasi -1.00 mLWS
- Turap Baja (T)
 - T1 : Zona 4 elevasi -2.00 mLWS
 - T2 : Zona 4 elevasi -5.00 mLWS

5.8.2 Perediksi Tinggi Gelombang (H_s)

Didapat dari hasil survey lapangan *LPPM-ITS* didapat kecepatan angin maksimum lokasi proyek adalah 17 ~ 23 knot dengan arah angin *south* dan *southeast*, sedangkan angin dominan dari *northeast* dengan kecepatan rata-rata 8 ~ 16 knot. Sehingga prediksi tinggi gelombang ini didasarkan pada ketiga arah angin tersebut serta kecepatanya masing-masing.

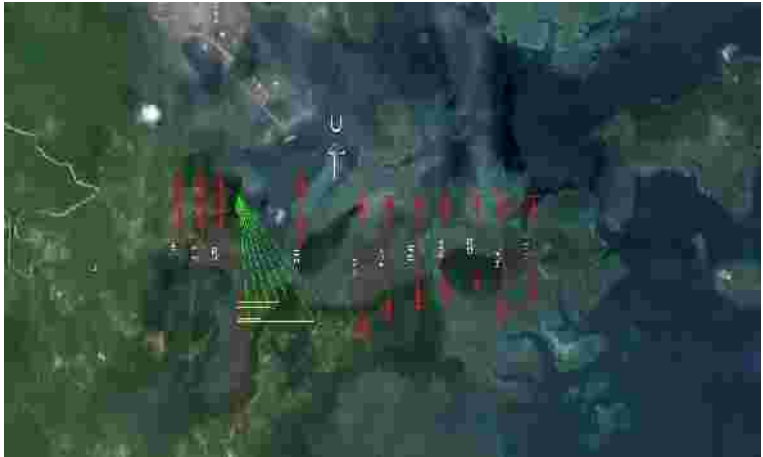
Berikut dapat dilihat pada **Gambar 5.15 a, b dan c** merupakan hasil penggambaran panjang fetch lokasi perencanaan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.15 (a) fetch arah timur laut, (b) fetch arah tenggara dan (c) fetch arah selatan
(Sumber: Hasil analisa)

Penggambaran arah fetch ini didasarkan dari arah tinjauanya, misalnya arah tenggara. Kemudian buat garis bantu setiap kanan dan kirinya dengan varian sudut 6° dari garis sebelumnya. Perpanjang semua garis hingga mencapai daratan terdekat, lalu ukur panjang garis tersebut dari sudut tegak lurusnya terhadap garis tinjauan. Jika tidak ditemukanya daratan terdekat, maka panjang garis tersebut diasumsikan 200km.

Berikut merupakan hasil rekap ketiga arah fetch dapat dilihat pada **Tabel 5.15** dengan menggunakan skala gambar 10 mm : 1 km.

Tabel 5.13 Hasil Rekap Nilai Fetch Efektif

α	Cos α	<i>South</i>			<i>SouthEast</i>			<i>NorthEast</i>		
		Ukuran pada Gambar (mm)	Xi (km)	Xi . Cos α	Ukuran pada Gambar (mm)	Xi (km)	Xi . Cos α	Ukuran pada Gambar (mm)	Xi (km)	Xi . Cos α
42	0.743	0	0.00	0.00	21.40	2.14	1.59	5.65	0.57	0.42
36	0.809	0	0.00	0.00	16.49	1.65	1.33	5.91	0.59	0.48
30	0.866	0	0.00	0.00	17.10	1.71	1.48	6.88	0.69	0.60
24	0.914	0	0.00	0.00	17.51	1.75	1.60	7.57	0.76	0.69
18	0.951	2.32	0.23	0.22	16.10	1.61	1.53	8.18	0.82	0.78
12	0.978	2.13	0.21	0.21	17.34	1.73	1.70	9.41	0.94	0.92
6	0.995	1.56	0.16	0.16	21.47	2.15	2.14	12.37	1.24	1.23
0	1.000	2.71	0.27	0.27	25.39	2.54	2.54	11.85	1.19	1.19
6	0.995	22.23	2.22	2.21	15.09	1.51	1.50	41.93	4.19	4.17
12	0.978	19.32	1.93	1.89	13.78	1.38	1.35	53.54	5.35	5.24
18	0.951	17.49	1.75	1.66	13.45	1.35	1.28	26.61	2.66	2.53
24	0.914	16.54	1.65	1.51	14.61	1.46	1.33	16.06	1.61	1.47
30	0.866	15.62	1.56	1.35	14.97	1.50	1.30	13.45	1.35	1.16
36	0.809	19.57	1.96	1.58	15.89	1.59	1.29	10.79	1.08	0.87
42	0.743	17.11	1.71	1.27	16.67	1.67	1.24	8.83	0.88	0.66
total	13.511			12.34			23.19			22.40
Fetch efektif (km)		0.91			1.716			1.658		

(Sumber: Hasil analisa)

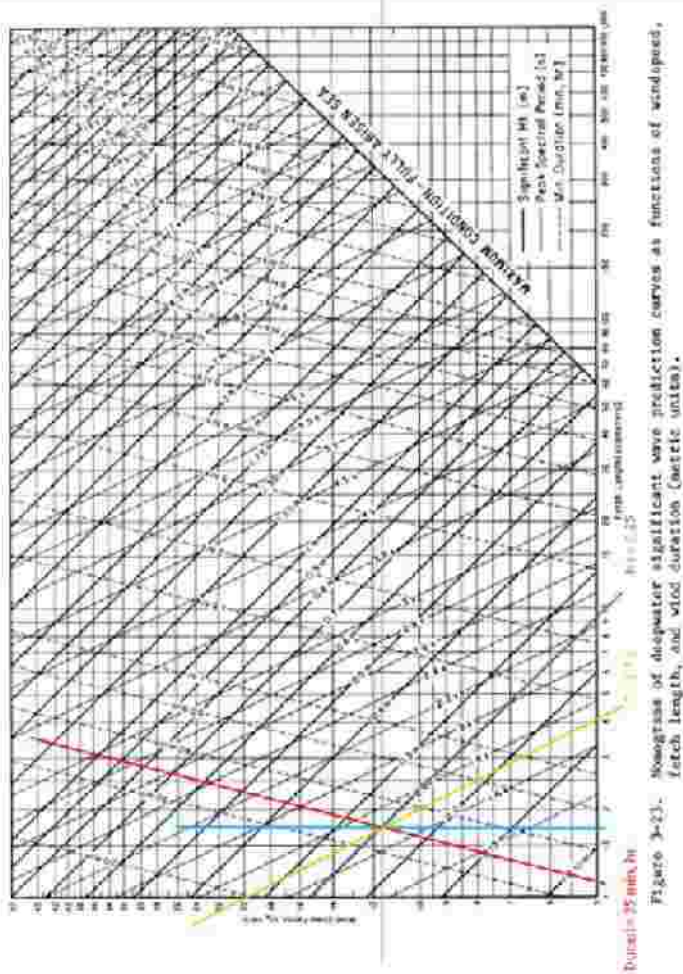
Dari **Tabel 5.13** tersebut didapatkan hasil fetch efektif setiap arahnya adalah :

- Arah Selatan = 0.91 km
- Arah Tenggara = 1.716 km
- Arah Timur Laut = 1.658 km

Dari ketiga arah tersebut, didapat fetch efektif terpanjang yaitu arah tenggara. Sehingga pada perencanaanya digunakan arah tenggara dengan kecepatan angin maximum 23 knot.

$$23 \text{ knot} = 11.83 \text{ m/s}$$

Perhitungan prediksi gelombang didasarkan dengan menggunakan nomogram prediksi tinggi gelombang signifikan (H_s) metode *SPM*.



Gambar 5.16 Nomogram Prediksi Tinggi Gelombang Signifikan (H_s)
(Sumber: Hasil analisa)

Dari kecepatan angin yang ada dan panjang fetch, dengan bantuan nomogram pada **Gambar 5.16** didapatkan:

- tinggi gelombang signifikan (H_s) = 0.25 m
- periode gelombang (T) = 1.7 s
- durasi (D) = 35 min

5.8.3 Perencanaan Armor Layer

Armor layer merupakan susunan lapis batuan pada sisi miring lereng timbunan reklamasi. Pada perencanaanya diperlukan berat armor (W) yang dibutuhkan untuk menahan material timbunan dari gangguan luar. Dilihat dari letak geografis area reklamasi terhadap posisi laut, area perencanaan reklamasi merupakan area yang terlindung dari laut lepas, sehingga tinggi gelombang perairan proyek tidak akan lebih dari 0.5 m. Dibuktikan dari hasil analisa perkiraan gelombang didapatkan tinggi gelombang signifikan (H_s) setinggi 0.25 m. Namun untuk keamanan dengan perhitungan yang sama menggunakan bantuan nomogram, pada perencanaan ini akan digunakan tinggi gelombang setinggi 0.5 m dengan durasi angin berhembus selama 1 jam. Sehingga didapatkan:

$$H_s = 0.5 \text{ m}$$

$$T = 2.5 \text{ s}$$

$$D = 1 \text{ hr}$$

Dengan menggunakan perumusan pada point 2.7.1, didapatkan berat armor yang dibutuhkan sebagai berikut:

$$W = \frac{2.5 \times 0.5^3}{4.9 \times \left(\frac{2.5 - 1.025}{1.025} \right)^3 \times \text{Cotg } 18^\circ} = 0.00695 \text{ ton} \approx 7 \text{ kg}$$

Mencari tebal lapisan armor

$$t = 2 \times 1.02 \times \left(\frac{0.00695}{2.5} \right)^{1/3} = 0.286 \approx 0.3 \text{ m}$$

Berikut merupakan hasil rekap dimensi armor layer yang digunakan pada zona 3 dan 4 berdasarkan elevasinya dapat dilihat pada **Tabel 5.14**.

Tabel 5.14 Hasil Rekap Dimensi Armor Layer Zona 3 dan 4

No	zona	Elevasi (mLWS)	r (t/m ³)	K _D (%)	D	a (°)	W (ton)	tebal lapisan (m)	Apron (m)	
									tebal	lebar
1	3	0.00	2.5	4.9	1.43	18	0.0069	0.3	0.45	1
3	4	-1.00	2.5	4.9	1.43	18	0.0069	0.3	0.45	1
4		-2.00	2.5	4.9	1.43	18	0.0069	0.3	0.45	1

Mencari tebal secondary layer (W/10),

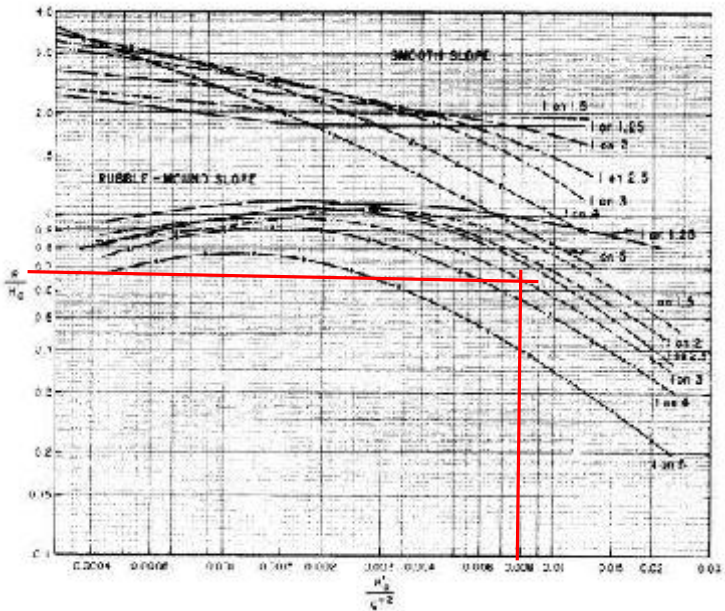
$$t = 2 \times 1.02 \times \left(\frac{0.007/10}{2.5} \right)^{1/3} = 0.133 \approx 0.15 \text{ m}$$

Dimensi apron, tebal digunakan sama dengan tebal lapis armor ditambah secondary layer setebal 0.45 m dan lebar 1 m.

- Mencari elevasi minimum pemasangan armor layer
 $h = \text{beda pasut} + \text{wave run up} + \text{wave set up} + \text{akibat pemanasan global} + \text{tinggi jagaan}$

- beda pasang surut = HWS - LWS = 2.46 - 0.7 = 1.76 m
- wave run up (R)

$$\frac{H_s}{g \times T^2} = \frac{0.5}{9.81 \times 2.5^2} = 0.00815$$



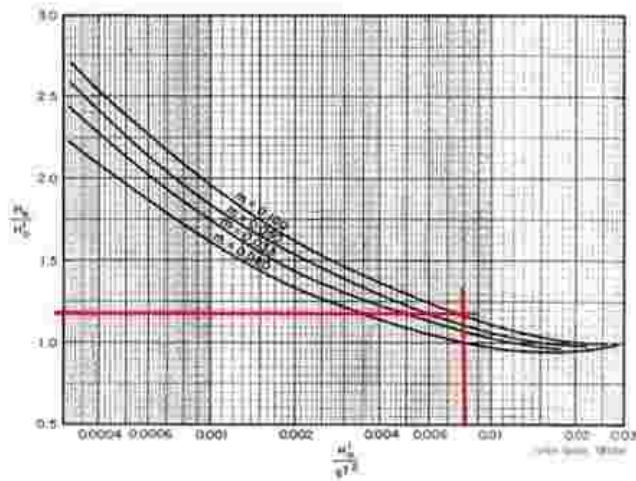
Gambar 5.17 Grafik perhitungan wave runup (rubble mound)

(Sumber: SPM)

Dengan bantuan Grafik pada **Gambar 5.17** didapatkan $R/H_s = 0.675$. Sehingga besar Runup yang terjadi adalah $R = 0.675 \times 0.5 = 0.3375$ m

- Wave setup

Kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh pergerakan gelombang itu sendiri, hal ini terjadi akibat adanya konversi energi kinetik menjadi potensial ketika gelombang pecah.



Gambar 5.18 Grafik indeks ketinggian pecah versus kecuraman gelombang laut dalam
(Sumber: SPM)

Dari data yang didapat dari prediksi gelombang, sehingga

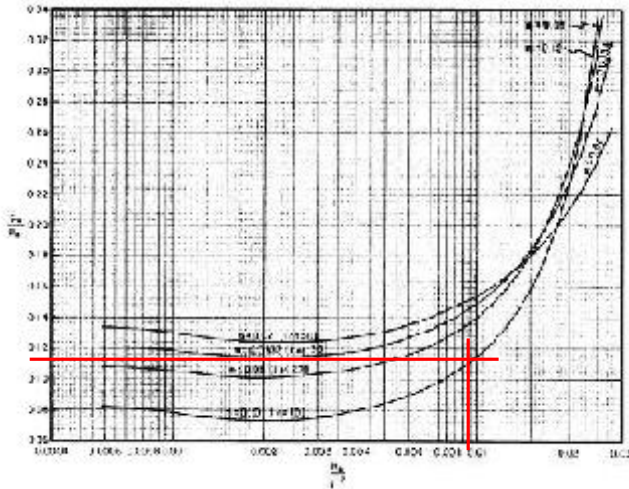
$$\frac{H_o'}{g \times T^2} = \frac{0.5}{9.81 \times 2.5^2} = 0.00815$$

Dengan bantuan **Gambar 5.18** dengan kemiringan dasar laut (m) = 0.1, didapatkan

$$\frac{H_b}{H_o'} = 1.2$$

Sehingga,

Tinggi gel. Pecah (H_b) = $0.5 \times 1.2 = 0.6$ m



Gambar 5.19 Grafik hubungan antara tinggi wave set up dengan indeks gelombang pecah
(Sumber: SPM)

Dengan didapatnya tinggi gelombang pecah, menjadi

$$\frac{H_b}{g \times T^2} = \frac{0.6}{9.81 \times 2.5^2} = 0.00978$$

Menggunakan bantuan **Gambar 5.19**, didapatkan

$$\frac{S_w}{H_b} = 0.112$$

Sehingga,

$$S_w = 0.112 \times 0.6 = 0.067 \text{ m}$$

- Tinggi jagaan digunakan = 0.5 m

Sehingga Elevasi minimum pemasangan *shore protection* (armor layer),

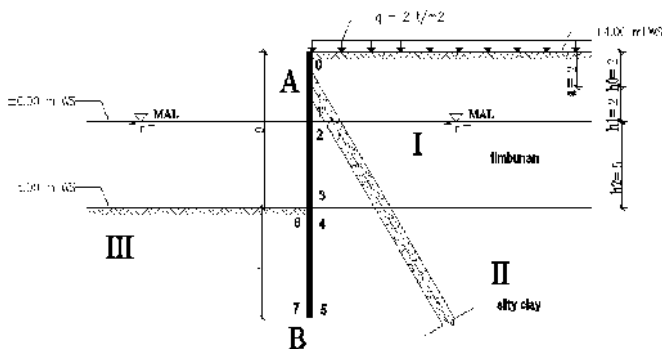
$$h = 1.76 + 0.3375 + 0.067 + 0.5 = 2.664 \text{ m} \approx + 3.00 \text{ mLWS}$$

5.8.4 Perencanaan Turap (Zona 4 elevasi -5 mLWS)

Dikarenakan pada layout eksisting diketahui bahwa pada sisi timur area perencanaan reklamasi berbatasan dengan sebuah canal yang dimana tidak boleh sama sekali terhambat aliran airnya, sehingga pada perencanaan struktur penahannya akan digunakan alternatif *shore protection vertical* berupa turap.

5.8.4.1 Menentukan Kedalaman Pemancangan

Berikut merupakan sketsa struktur turap yang akan direncanakan pada zona 4 elevasi – 5.00 mLWS.



Gambar 5.20 Sketsa Struktur Turap pada Zona 4 elevasi – 5.00 mLWS

(Sumber: Hasil analisa)

Dari **Gambar 5.20** dapat dilihat sketsa perencanaan struktur turap, dimana pada zona 4 elevasi - 5.00 m LWS tersebut memiliki tinggi rencana hingga elevasi +4.00 m LWS yang berarti tinggi timbunan pada area tersebut adalah 9 m. Untuk data tanah yang digunakan ada tiga jenis data tanah yaitu data tanah I, II dan III. Hal ini didasarkan pada kondisi tanah dasar timbunan setelah mengalami pemampatan (setelah PVD selesai). Berikut adalah parameter tanahnya:

Lapisan I (material timbunan) :

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{timb}} &= 1.85 \text{ t/m}^3 \\ \gamma' &= 0.825 \text{ t/m}^3 \\ C &= 0 \text{ t/m}^3 \\ \phi &= 30^\circ \\ K_{a1} &= 0.33\end{aligned}$$

Lapisan II (setelah PVD selesai) :

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{timb}} &= 1.88 \text{ t/m}^3 \\ \gamma' &= 0.855 \text{ t/m}^3 \\ C &= 1.71 \text{ t/m}^3 \\ \phi &= 17^\circ \\ K_{a2} &= 0.55\end{aligned}$$

Lapisan III (Natural) :

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{timb}} &= 1.52 \text{ t/m}^3 \\ \gamma' &= 0.495 \text{ t/m}^3 \\ C &= 0.48 \text{ t/m}^3 \\ \phi &= 6^\circ \\ K_{p3} &= 1.23\end{aligned}$$

$$\gamma_{\text{air}} = 1.025 \text{ t/m}^3 \text{ (air laut)}$$

Dimana,

$$q = 2 \text{ t/m}^2$$

$$h_0 = 2 \text{ m}$$

$$h_1 = 2 \text{ m}$$

$$h_2 = 5 \text{ m}$$

do = kedalaman pemancangan (m)

dari data-data tersebut kemudian dihitung tegangan yang terjadi di setiap titik tinjau dari titik 0 hingga titik 7, baik tegangan vertikal dan horizontalnya akibat pengaruh K_a dan K_p . Kemudian digambarkan diagram tegangan tanah tiap titiknya. Berikut merupakan sketsa diagram tegangan tanah akibat tekanan tanah aktif dan pasif tiap titik dapat dilihat pada **Gambar 5.21**.

mencari besar tegangan vertikal dan horizontal pada setiap titik.

- Titik 0

$$\sigma_v = q = 2 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_h = q \times k_a = 2 \times 0.33 = 0.66 \text{ t/m}^2$$

- Titik 1

$$\sigma_{v1} = \sigma_{v0} + \gamma_1 \times (h_0 + h_1) = 2 + 1.85 \times (2 + 2) = 9.4 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h1} = \sigma_{v1} \times k_a = 9.4 \times 0.33 = 3.13 \text{ t/m}^2$$

- Titik 2

$$\sigma_{h2} = \sigma_{v1} \times k_a = 9.4 \times 0.33 = 3.13 \text{ t/m}^2$$

- Titik 3

$$\sigma_{v3} = \sigma_{v1} + \gamma_1' \times h_2 = 9.4 + (1.85 - 1.025) \times 5 = 13.525 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h3} = \sigma_{v3} \times k_a = 13.525 \times 0.33 = 4.51 \text{ t/m}^2$$

- Titik 4

$$\sigma_{h4} = \sigma_{v3} \times k_a - 2c\sqrt{k_a} = 13.525 \times 0.55 - 2 \times 1.71\sqrt{0.55} = 4.9 \text{ t/m}^2$$

- Titik 5

$$\sigma_{v5} = \sigma_{v3} + (\gamma_2' \times d_0) = 13.525 + (1.88 - 1.025) \times d_0 \\ \Rightarrow 13.525 + 0.855 d_0 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h5} = \sigma_{v5} \times k_{a2} - 2 c \sqrt{k_{a2}} = 4.9 + 0.47 d_0 \text{ t/m}^2$$

- Titik 6

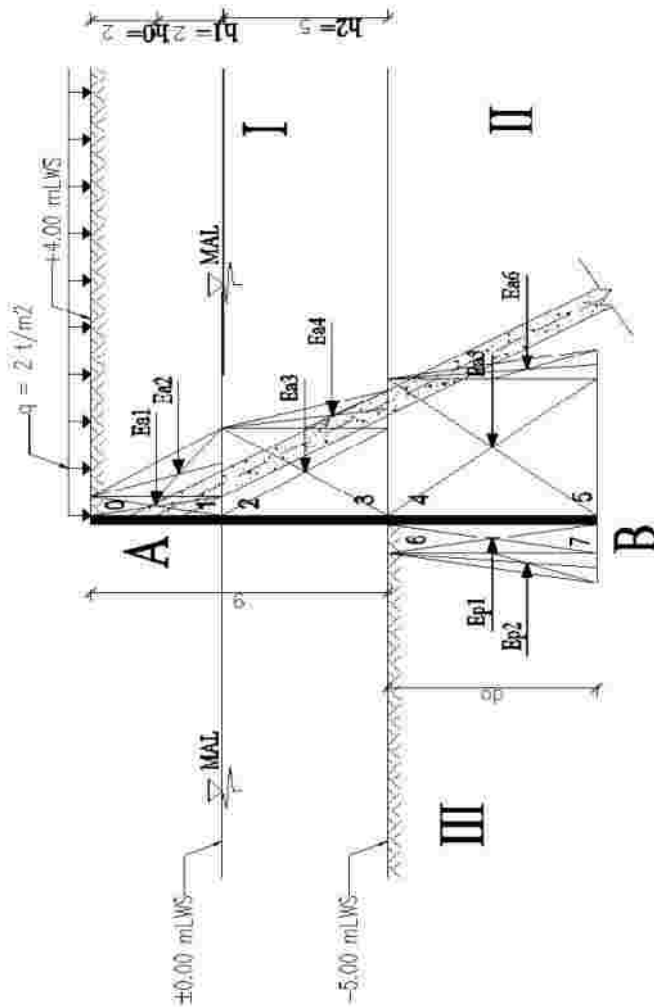
$$\sigma_{h6} = 2 c \sqrt{k_{p3}} = 2 \times 0.48 \times \sqrt{1.23} = 1.065 \text{ t/m}^2$$

- Titik 7

$$\sigma_{v7} = \gamma_3' \times d_0 = (1.52 - 1.025) \times d_0 = 0.495 d_0 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h7} = \sigma_{h6} + \sigma_{v7} \times k_{p3} + 2 c \sqrt{k_{p3}} = 0.61 d_0 + 2.13 \text{ t/m}^2$$

Setelah digambarkan diagram teganganya, kemudian kalikan tegangan dengan luasan bidang teganganya tiap tanah untuk mendapatkan gaya aktif (E_a) dan pasif (E_p). Untuk mendapatkan momen pada titik tinjau A, kalikan gaya-gaya yang ada dari titik berat bidang diagramnya masing-masing terhadap titik A (lengan momen A). Berikut merupakan perhitungan gaya dan momen akibat tekanan tanah aktif dan pasif terhadap titik A.



Gambar 5.21 Diagram Tegangan akibat Tekanan Tanah
Zona 4 elevasi – 5.00 mLWS
(Sumber: Hasil analisa)

Mencari besar gaya aktif dan pasif yang terjadi.

$$Ea1 = \sigma_{h0} \times (h_0 + h_1) = 0.66 \times (2 + 2) = 2.64 \text{ ton}$$

$$Ea2 = (\sigma_{h1} - \sigma_{h0}) \times (h_0 + h_1) \times 0.5 = 2.47 \times 4 \times 0.5 = 4.94 \text{ ton}$$

$$Ea3 = \sigma_{h1} \times h_2 = 3.13 \times 5 = 15.65 \text{ ton}$$

$$Ea4 = (\sigma_{h3} - \sigma_{h1}) \times 0.5 \times h_2 = 1.38 \times 0.5 \times 5 = 3.45 \text{ ton}$$

$$Ea5 = \sigma_{h4} \times d_0 = 4.9 d_0 \text{ ton}$$

$$Ea6 = (\sigma_{h5} - \sigma_{h4}) \times 0.5 \times d_0 = 0.235 d_0^2 \text{ ton}$$

$$\Sigma Ea = 0.235 d_0^2 + 4.9 d_0 + 26.68 \text{ ton}$$

$$Ep1 = \sigma_{h6} \times d_0 = 1.065 d_0 \text{ ton}$$

$$Ep2 = (\sigma_{h7} - \sigma_{h6}) \times 0.5 \times d_0 = 0.305 d_0^2 \text{ ton}$$

$$\Sigma Ep = 0.305 d_0^2 + 1.065 d_0 \text{ ton}$$

Berikut merupakan jarak gaya-gaya terhadap titik A (lengan momen A).

- $Xa1 = 0 \text{ m}$
- $Xa2 = 0.67 \text{ m}$
- $Xa3 = 4.5 \text{ m}$
- $Xa4 = 5.33 \text{ m}$
- $Xa5 = 0.5 d_0 + 7 \text{ m}$
- $Xa6 = 2/3 d_0 + 7 \text{ m}$
- $Xp1 = 0.5 d_0 + 7 \text{ m}$
- $Xp2 = 2/3 d_0 + 7 \text{ m}$

Untuk mencari kedalaman pemancangan dicari pada saat kondisi $\Sigma MA = 0$, sehingga

$$\Sigma MA = \Sigma Mp - \Sigma Ma$$

Mencari besar momen aktif dan pasif yang terjadi.

$$Ma1 = Ea1 \times Xa1 = 2.64 \times 0 = 0 \text{ t.m}$$

$$Ma2 = Ea2 \times Xa2 = 4.94 \times 0.67 = 3.3 \text{ t.m}$$

$$Ma3 = Ea3 \times Xa3 = 15.65 \times 4.5 = 70.425 \text{ t.m}$$

$$Ma4 = Ea4 \times Xa4 = 3.45 \times 5.33 = 18.39 \text{ t.m}$$

$$Ma5 = Ea5 \times Xa5 = 4.9do \times (0.5do + 7) = (2.45do^2 + 34.3do) \text{ t.m}$$

$$Ma6 = Ea6 \times Xa6 = 0.234do^2 \times (2/3do + 7) = (0.16do^3 + 1.645do^2) \text{ t.m}$$

$$\Sigma Ma = (0.16do^3 + 4.095do^2 + 34.3do + 92.125) \text{ t.m}$$

$$Mp1 = Ep1 \times Xp1 = 1.065do \times (0.5do + 7) = (0.53do^2 + 7.455do) \text{ t.m}$$

$$Mp2 = Ep2 \times Xp2 = 0.305do^2 \times (2/3do + 7) = (0.2do^3 + 2.135do^2) \text{ t.m}$$

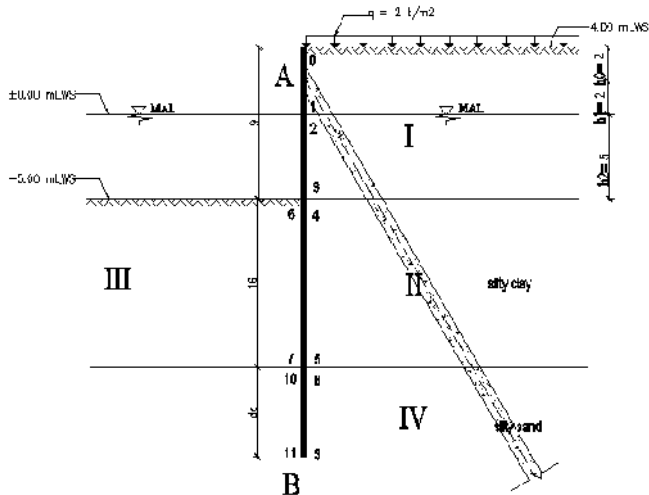
$$\Sigma Mp = 0.2do^3 + 2.665do^2 + 7.455do$$

$$\therefore \Sigma M = 0.04do^3 - 1.43do^2 - 26.845do - 92.125$$

$$do = 50.07 \text{ m}$$

dikarenakan didapatkan kedalaman pemancangan $>$ lapisan *clayey silty*, yaitu $50.07 \text{ m} > 16 \text{ m}$. Sehingga letak ujung turap diasumsikan berada pada lapisan *silty sand*. Untuk tegangan tanah pada lapisan *clayey silty* dihitung secara keseluruhan dengan tebal 16 m .

Sehingga sketsa struktur turap menjadi seperti pada **Gambar 5.22**



Gambar 5.22 Sketsa Struktur Turap dengan do pada lapisan *silty sand*
(Sumber: Hasil analisa)

Sehingga didapatkan beberapa perbedaan tegangan, dan beberapa tegangan baru yang berada pada kedalaman lapisan *silty clay* diantaranya. (tebal *clayey silty*, $h_3 = 16$ m)

- Titik 5

$$\sigma_{v5} = \sigma_{v3} + (\gamma_2' \times h_3) = 13.525 + (1.88 - 1.025) \times 16 = 27.205 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h5} = \sigma_{v5} \times ka_2 - 2 \times \sqrt{ka_2} = 27.205 \times 0.55 - 2 \times 1.71\sqrt{0.55} = 12.43 \text{ t/m}^2$$

- Titik 7

$$\sigma_{v7} = \gamma_3' \times h_3 = (1.52 - 1.025) \times 16 = 7.92 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h7} = \sigma_{h6} + \sigma_{v7} \times kp_3 + 2c\sqrt{kp_3} = 1.065 + (7.92 \times 1.23 + 2 \times 0.48\sqrt{1.23}) = 11.87 \text{ t/m}^2$$

- Titik 8

$$\sigma_{h8} = \sigma_{v5} \times ka_4 = 27.205 \times 0.36 = 9.79 \text{ t/m}^2$$

- Titik 9

$$\sigma_{v9} = \sigma_{v5} + (\gamma_4' \times do) = 27.205 + 0.815do \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h9} = \sigma_{v9} \times ka_4 = 9.79 + 0.293 \text{ t/m}^2$$

- Titik 10

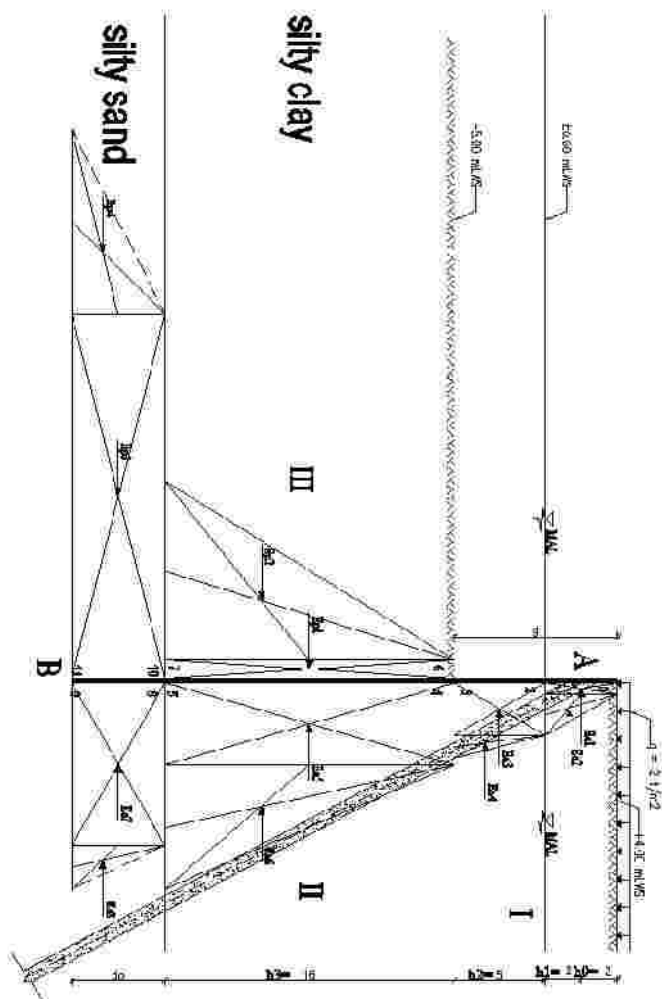
$$\sigma_{h10} = \sigma_{v7} \times ka_4 = 21.94 \text{ t/m}^2$$

- Titik 11

$$\sigma_{v11} = \sigma_{v7} + (\gamma_4' \times do) = 7.92 + 0.815do \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{h11} = \sigma_{v11} \times ka_4 = 21.94 + 2.26do \text{ t/m}^2$$

Dengan adanya perpindahan dalam peninjauan do, sehingga didapatkan bentuk diagram tegangan yang berbeda dengan sebelumnya, berikut merupakan bentuk diagram tegangan dapat dilihat pada **Gambar 5.23**



Gambar 5.23 Diagram Tegangan akibat Tekanan Tanah
Baru Zona 4 elevasi – 5.00 m LWS
(Sumber: Hasil analisa)

Mencari besar gaya aktif dan pasif yang terjadi.

$$Ea5 = \sigma_{h4} \times h_3 = 4.9 \times 16 = 78.4 \text{ ton}$$

$$Ea6 = (\sigma_{h5} - \sigma_{h4}) \times 0.5 \times h_3 = 60.24 \text{ ton}$$

$$Ea7 = \sigma_{h8} \times do = 9.79 \times do = 9.79do \text{ ton}$$

$$Ea8 = (\sigma_{h9} - \sigma_{h8}) \times do \times 0.5 = 0.147do^2 \text{ ton}$$

$$Ep1 = \sigma_{h6} \times h_3 = 1.065 \times 16 = 17.04 \text{ ton}$$

$$Ep2 = (\sigma_{h7} - \sigma_{h6}) \times 0.5 \times h_3 = 86.44 \text{ ton}$$

$$Ep3 = \sigma_{h10} \times do = 21.94do \text{ ton}$$

$$Ep4 = (\sigma_{h11} - \sigma_{h10}) \times do \times 0.5 = 1.13do^2 \text{ ton}$$

Berikut merupakan jarak gaya-gaya terhadap titik A (lengan momen A).

- $Xa1 = 0 \text{ m}$
- $Xa2 = 0.67 \text{ m}$
- $Xa3 = 4.5 \text{ m}$
- $Xa4 = 5.33 \text{ m}$
- $Xa5 = 15 \text{ m}$
- $Xa6 = 17.67 \text{ m}$
- $Xa7 = 0.5do + 23 \text{ m}$
- $Xa8 = 2/3do + 23 \text{ m}$
- $Xp1 = 15 \text{ m}$
- $Xp2 = 17.66 \text{ m}$
- $Xp3 = 0.5do + 23 \text{ m}$
- $Xp4 = 2/3do + 23 \text{ m}$

Untuk mencari kedalaman pemancangan dicari pada saat kondisi $\sum MA = 0$, sehingga

$$\sum MA = \sum Mp - \sum Ma$$

Mencari besar momen aktif dan pasif yang terjadi.

$$Ma1 = Ea1 \times Xa1 = 2.64 \times 0 = 0 \text{ t.m}$$

$$Ma2 = Ea2 \times Xa2 = 4.94 \times 0.67 = 3.3 \text{ t.m}$$

$$Ma3 = Ea3 \times Xa3 = 15.65 \times 4.5 = 70.425 \text{ t.m}$$

$$Ma4 = Ea4 \times Xa4 = 3.45 \times 5.33 = 18.39 \text{ t.m}$$

$$Ma5 = Ea5 \times Xa5 = 78.4 \times 15 = 1176 \text{ t.m}$$

$$Ma6 = Ea6 \times Xa6 = 60.24 \times 17.67 = 1064.44 \text{ t.m}$$

$$Ma7 = Ea7 \times Xa7 = 9.79do \times (0.5do + 23) = 4.895do^2 + 225.17do \text{ t.m}$$

$$Ma8 = Ea8 \times Xa8 = 0.147do^2 \times (2/3do + 23) = 0.098do^3 + 3.381do^2$$

$$\Sigma Ma = (0.098do^3 + 8.276do^2 + 225.17do + 2332.55) \text{ t.m}$$

$$Mp1 = Ep1 \times Xp1 = 17.04 \times 15 = 255.6 \text{ t.m}$$

$$Mp2 = Ep2 \times Xp2 = 86.44 \times 17.66 = 1526.53 \text{ t.m}$$

$$Mp3 = Ep3 \times Xp3 = 21.94do \times 0.5do + 23 = 10.97do^2 + 504.62do$$

$$Mp4 = Ea4 \times Xp4 = 1.13do^2 \times (2/3do + 23) = 0.753do^3 + 25.99do^2$$

$$\Sigma Mp = 0.753do^3 + 36.96do^2 + 504.62do + 1782.13$$

$$\therefore \Sigma M = 0.655do^3 + 28.68do^2 + 279.4do - 550.42$$

$$do = 1.67 \text{ m}$$

Sehingga kedalaman pemancangan didapat $16m + (1.67 \times 1.2) = 18.004 \text{ m} \approx 18 \text{ m}$.

Mencari momen maksimum yang terjadi pada sheet pile.

Momen maksimum akan terjadi pada saat gaya lintang sama dengan 0. Sehingga untuk menentukannya akan digunakan $\Sigma H = 0$ pada sheet pile.

$\Sigma H = 0$, dengan titik tinjau X pada lapisan h_2

$$\Sigma H = 0, E a_1 - T + E a_2 + E a_3 + E a_4 = 0$$

$$= E a_1 - T + E a_2 + (\sigma_{v1} \times X) + (\sigma_{v3} - \sigma_{v1}) \times 0.5 \times X$$

$$= 2.64 - 36.08 + 4.94 + (3.13X) + (0.1375 X^2)$$

$$= 0.1375X^2 + 3.13X - 28.5$$

$$X = 6.97 \text{ m}$$

Sehingga, M_{max} berada pada kedalaman 6.97 m dari permukaan timbunan.

Lengan momen terhadap titik X

$$X a_1 = X - 2 = 4.97 \text{ m}$$

$$X a_2 = X - 2/3 \times 4 = 4.3 \text{ m}$$

$$X a_3 = 1/2 X = 3.485 \text{ m}$$

$$X a_4 = 1/3 X = 2.32 \text{ m}$$

$$X T = X - 2 = 4.97 \text{ m}$$

Momen maximum (momen terhadap X)

$$M a_1 = E a_1 \times X a_1 = 2.64 \times 4.97 = 13.12 \text{ t.m}$$

$$M a_2 = E a_2 \times X a_2 = 4.94 \times 4.3 = 21.24 \text{ t.m}$$

$$M a_3 = E a_3 \times X a_3 = 21.82 \times 3.485 = 76.04 \text{ t.m}$$

$$M a_4 = E a_4 \times X a_4 = 6.68 \times 4.97 = 33.2 \text{ t.m}$$

$$M p T = E p T \times X T = -36.08 \times 2.029 = -73.21 \text{ t.m}$$

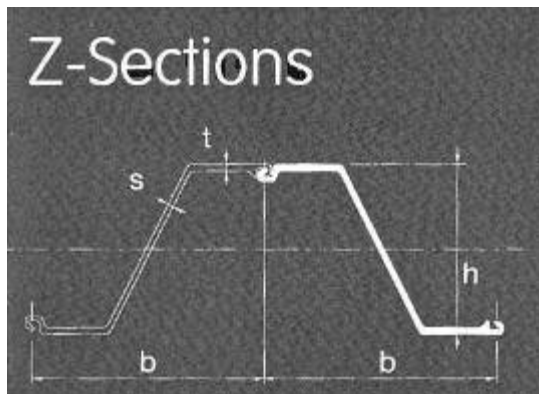
$$\Sigma M_{tot} = 70.39 \text{ t.m}$$

5.8.4.2 Menentukan Profil Turap

Penentuan profil didasarkan oleh momen maksimum yang terjadi pada penampang turap. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan M_{max} yang terjadi adalah sebesar 70.39 t.m. Pada perencanaan ini digunakan mutu baja dengan tegangan leleh 210 MN/m² (ASTM A-572).

$$W = \frac{M_{max}}{\sigma} = \frac{70.39}{21000} = 0.0033519 \text{ m}^3 = 3351.9 \text{ cm}^3$$

Sehingga digunakan profil terkecil, yaitu AZ 37 - 700 dengan gambar penampang seperti terlihat pada **Gambar 5.24** yang memiliki nilai $W = 3705 \text{ cm}^3 > 3351.9 \text{ cm}^3$, dengan dimensi



Gambar 5.24 Profil sheet pile Z – section
(sumber: ArcelorMitta)

$$\begin{aligned}
 b &= 499 \text{ mm} \\
 h &= 700 \text{ mm} \\
 t &= 17 \text{ mm} \\
 s &= 12.2 \text{ mm} \\
 I &= 92400 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap panjang jepit (Z_f)
 $Z_f = 1.8 T$ (normal consolidated clay)
 Stiffness factor (T) $= \sqrt[5]{EI/n_h}$

dimana :

E = Modulus Elastisitas material sheet pile (KN/m^2)

I = Inersia penampang sheet pile AZ-12 (m^4)

n_h = 350 ~ 700 KN/m^3 (normally consolidated clays, Terzaghi)

$$T = \sqrt[5]{\frac{200000 \times 0.000924}{350}} = 0.88 \text{ m}$$

sehingga,

$$Z_f = 1.8 \times T = 1.8 \times 0.88 = 1.58 \text{ m}$$

$$\therefore d_o > Z_f, 18 \text{ m} > 1.58 \text{ (ok)}$$

5.8.4.3 Perencanaan Angkur

Dengan gaya-gaya aktif dan pasif yang bekerja pada turap, kemudian cari besaran momen yang bekerja terhadap titik B pada (**Gambar 5.23**) untuk mendapatkan tegangan yang bekerja pada angkur. Berikut merupakan

hasil rekap besaran gaya E_a dan E_p serta momen M_a dan M_p terhadap titik B dapat dilihat pada **Tabel 5.15**.

Tabel 5.15 Rekap Hasil Gaya dan Momen Akibat Tekanan Tanah Aktif dan Pasif terhadap B

No	E_a (ton)	Lengan thdp B (m)	Momen (tm)
1	2.64	24.67	65.13
2	4.94	23.34	115.3
3	15.65	20.17	315.66
4	3.45	19.34	66.72
5	78.4	9.67	758.128
6	60.24	7	421.68
7	16.35	0.835	13.65
8	0.41	0.56	0.23

No	E_p (ton)	Lengan thdp B (m)	Momen (tm)
1	17.04	9.67	164.78
2	86.44	7	605.08
3	36.64	0.835	30.6
4	3.15	0.56	1.764
5	T	24.67	24.67 T

Dari rekap hasil perhitungan gaya dan momen pada **Tabel 5.16**, didapat total momen yang terjadi adalah $\sum M_{\text{aktif}} = 1689.778 \text{ t.m}$ dan $\sum M_{\text{pasif}} = 802.224 + 24.67T \text{ t.m}$.

Jadi,

$$\begin{aligned}\sum M_{\text{tot}} &= \sum M_{\text{aktif}} - \sum M_{\text{pasif}} = 1689.778 - 802.224 - 24.67T \\ &= 887.55 - 24.67T\end{aligned}$$

$$T = 36.08 \text{ ton}$$

Mencari dimensi dan kedalaman tiang pancang

Dikarenakan penggunaan angkur harus pada kondisi tanah yang stabil, sehingga *deadman ancor* tidak dapat digunakan pada struktur *sheet pile* ini. Hal ini dikarenakan tanah timbunan akan mengalami pemampatan yang menyebabkan pergerakan tanah, sehingga menimbulkan ketidak stabilan pada tanah timbunan.

Pada perencanaanya akan digunakan tiang pancang dengan diameter $D = 80 \text{ cm}$ dengan gaya tarik $T = 36.08 \text{ ton}$. Karena tiang pancang akan menahan gaya tarik sehingga daya dukung tiang pancang hanya diperhitungkan terhadap tarik saja (Q_s). Direncanakan gaya yang menahan tarik tersebut berada pada lapisan tanah yang stabil, dalam permasalahan ini dianggap pada lapisan *silty sand* yang tidak akan mengalami pemampatan.

Nilai N-SPT pada lapisan silty sand (BSW 7):

Kedalaman	N-SPT
19	23
22	30

$$L = 22 - 19 = 3 \text{ m}$$

$$D = 0.8 \text{ m}$$

$$A_s = \pi \times D \times L = 3.14 \times 0.8 \times 3 = 7.536 \text{ m}^2$$

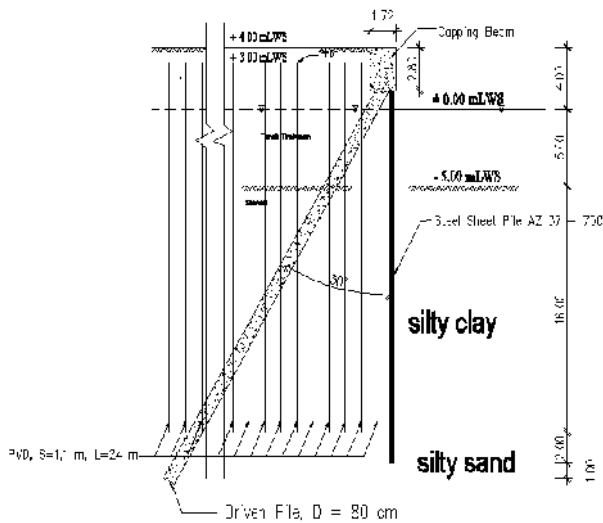
$$N_{s_{rata}} = (23+30)/2 = 26.5$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \beta \times ((N_{s_{rata}}/3) + 1) \times A_s \\ &= 1 \times ((26.5/3) + 1) \times 7.536 \\ &= 74.14 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Q_s/SF = 74.14 / 2 = 37.07 \text{ ton}$$

$$Q_s/SF > T \text{ (ok)}$$

Sehingga digunakan tiang pancang $D = 0.8 \text{ m}$, kedalaman pemancangan 3 m dari permukaan lapisan *silty sand*.



Gambar 5.25 Sketsa penempatan tiang pancang
(Sumber: Hasil analisa)

Berikut merupakan sketsa penmasangan tiang pancang pada struktur sheet pile dapat dilihat pada **Gambar 5.25**.

Perencanaan Turap zona 4 elevasi -2.00 mLWS

Dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti pada elevasi -5.00 mLWS, didapat:

- $d_o = 0.42$ m (pada lapis *silty sand*)
- kedalaman pemancangan

$$h_{\text{clayey silty}} + 1.2 \times d_o = 16 + (1.2 \times 0.42) = 16.5$$
 m
- $T_{\text{angkur}} = 21.9$ ton
- Diameter pancang = 0.8 m

5.9 Soil Monitoring Instrumen

Dalam pelaksanaan proyek reklamasi, khususnya pekerjaan penimbunan wajib dilaksanakan kontrol terhadap pelaksanaan pekerjaannya. Kontrol ini biasanya dilakukan dengan cara mengamati proses penimbunannya atau biasa disebut dengan *soil monitoring*. Ada beberapa tujuan utama dilakukannya soil monitoring, diantaranya:

- a. Menjamin keamanan saat pelaksanaan pekerjaan penimbunan yang dapat mengakibatkan penyimpangan, seperti : bahaya longsor, rupture, differensial settlement, dan lain-lain.
- b. Mengontrol hasil prediksi pada teori saat perencanaan dengan kondisi pelaksanaan di lapangan.
- c. Untuk menghitung volume timbunan aktual.

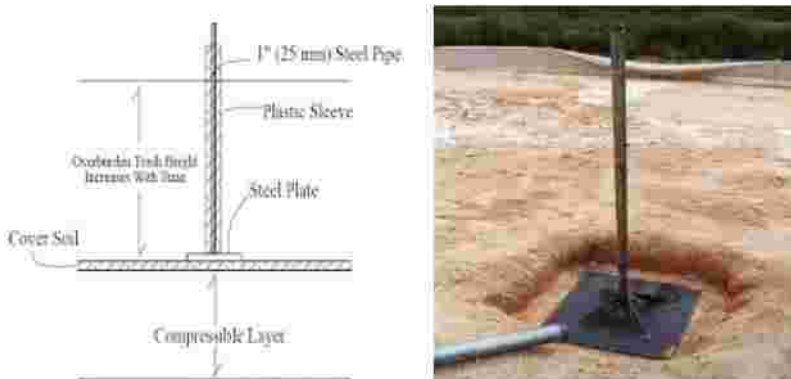
Berikut merupakan beberapa hal yang ditinjau selama pelaksanaan soil monitoring:

- a. Penurunan tanah asli *settlement*.
- b. Evolusi tegangan air pori dalam fungsi waktu.
- c. Derajat konsolidasi dari hasil pengamatan evolusi tegangan air pori.
- d. Pergerakan horizontal tanah, memprediksi longsor.

5.9.1 Peralatan dan Penempatan Peralatan Soil Monitoring

Dengan tujuan dari soil monitoring, sehingga dibutuhkan alat bantu peninjauan dan pengukuran dilapangan. Berikut merupakan peralatan beserta tata letak penempatannya:

1. *Settlement plate*, berfungsi sebagai alat bantu ukur penurunan tanah yang terjadi selama periode waktu tertentu. Alat ini dipasang setiap luasan 50 x 50 m hingga 300 x 300 m didasar timbunan atau dipermukaan tanah asli. Berikut merupakan contoh alat serta keterangan dapat dilihat pada **Gambar 5.26** dibawah.



Gambar 5.26 Settlement Plate

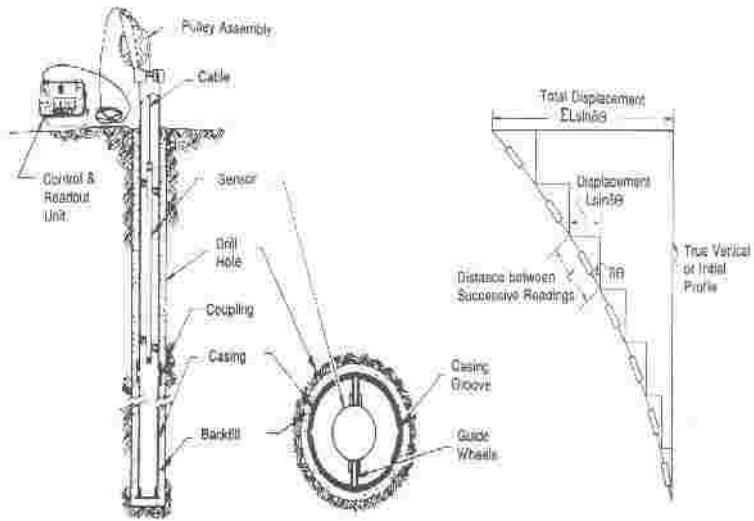
2. *Pneumatic piezometer*, berfungsi untuk memonitoring derajat konsolidasi berdasarkan tegangan air yang terjadi pada lapisan tanah *compressible*. Pada penempatannya peralatan ini dipasang pada 4 level di dalam lapisan

compressible untuk setiap luasan 200 x 200 m hingga 400 x 400m. Agar lebih akurat saat penggunaan dilapangan, peletakan piezometer harus diatur sedemikian rupa agar jauh dari zona-zona drainage (vertikal drain). Berikut merupakan contoh alat serta keterangan dapat dilihat pada **Gambar 5.27** dibawah.



Gambar 5.27 Peneumatic Piezometer

3. *Inclinometer*, alat ini berfungsi untuk memonitoring pergerakan tanah secara horisontal. Sehingga pada pelaksanaanya biasanya alat ini diletakkan pada daerah sisi lereng timbunan untuk mengantisipasi terjadinya bahaya longsor akibat pergerakan tanah horisontal. Dipasang setiap jarak horisontal 200 m hingga 500 m, dan dibenamkan hingga lapisan tanah yang relatif keras. Berikut merupakan contoh alat serta keterangan dapat dilihat pada **Gambar 5.28** dibawah.



(a)



(b)

Gambar 5.28 (a) Bagian-bagian Inclinometer, (b) Foto Inclinometer di Lapangan

BAB VI

METODE PELAKSANAAN DAN RAB

6.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai metode pelaksanaan dan rencana anggaran biaya mengenai perencanaan proyek reklamasi ini. Dimana metode pelaksanaan merupakan prosedur pelaksanaan pekerjaan reklamasi pantai secara menyeluruh, secara garis besar pekerjaan ini meliputi pembuatan talud dan penghamparan lahan (reklamasi). Sedangkan rencana anggaran biaya merupakan harga setiap item pekerjaan reklamasi sesuai dengan standar harga dan wilayahnya.

6.2 Metode Pelaksanaan

Merupakan urutan dan uraian mengenai tahapan pelaksanaan reklamasi, dimana pekerjaan yang satu dengan yang lain harus simultan.

6.2.1 Pekerjaan Persiapan

Survey lokasi lapangan proyek, prijinan lokasi reklamasi dan lokasi quarry, mobilisasi peralatan, pemasangan rambu-rambu dan patok batas areal reklamasi. Dikarenakan lokasi quarry terdapat didarat, sehingga pada proses persiapan proyek reklamasi perlu dibuat akses sementara untuk transportasi alat pengangkut material mencapai lokasi penimbunan reklamasi. Rambu-rambu dan tanda batas dapat berupa tiang kayu atau bambu yang ditancapkan pada sisi luar areal reklamasi.

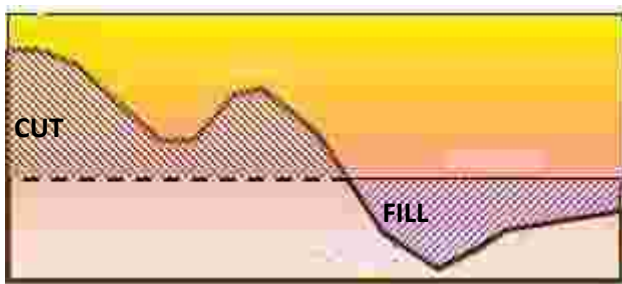
Penggunaan peralatan positioning berupa EDM (*Electric Data Measurement*) atau *total station* merupakan keharusan agar setiap posisi dapat ditentukan dengan tepat.

6.2.2 Pembersihan Lahan

Sebelum reklamasi dilaksanakan, perairan pantai perlu dibersihkan dari bahan-bahan organik dan anorganik berupa sampah-sampah, bangkai pohon, kapal karam, dan lain-lain.

6.2.3 Pekerjaan Galian

Dikarenakan kontur area perencanaan reklamasi yang terdiri dari sebagian luasan areanya berupa perbukitan, sedangkan pada pekerjaan reklamasi dibutuhkan tanah timbunan sebagai materialnya menjadikan salah satu keuntungan khususnya dalam penyediaan material timbunan. Hal ini dimungkinkan untuk dapat menjadikanya buangan dari pekerjaan galian tersebut menjadi material reklamasi. Sehingga material reklamasi ini yang digunakan merupakan material sekitar proyek itu sendiri.

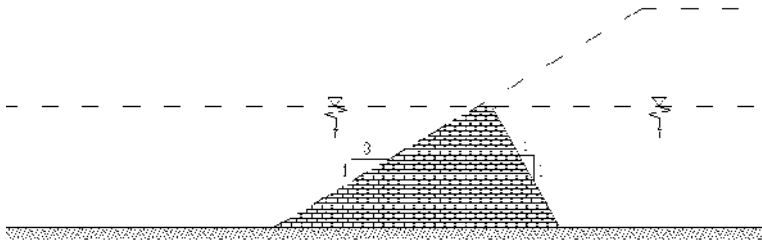


Gambar 6.1 Sketsa Pekerjaan Galian dan Timbunan

Terlihat pada **Gambar 6.1** merupakan skema pekerjaan galian dan rencana penimbunan pada area reklamasi. Pekerjaan galian dilakukan dengan dua cara, yaitu pengerukan bukit dengan pengerukan biasa. Pengerukan biasa dilakukan dengan bantuan alat berat berupa *backhoe* atau *crawler*.

6.2.4 Pemasangan Tanggul Bawah

Sand Bag (karung pasir) berupa karung PVC kapasitas 50 kg diisi penuh dengan pasir dan ditata sepanjang perairan yang ditentukan. *Sand bag* berfungsi untuk menjaga material timbunan yang di bawah muka air laut agar tidak terbawa arus. Pemasangan awal dilakukan sepanjang luasan rencana area reklamasi, namun bila pembuatan tanggul dirasa terlalu lama, pemasanganya dapat dibuat dengan luasan-luasan yang lebih kecil untuk mempercepat pekerjaan dan dapat segera dilanjutkan dengan pekerjaan pengurukan.



Gambar 6.2 Skema Pemasangan Tanggul Bawah
(Sumber: Hasil pemodelan)

Pada **Gambar 6.2** terlihat skema pemasangan tanggul bawah yang dibangun hingga mencapai ketinggian permukaan laut. Proses pembuatan sand bag, berupa pemasukan pasir kedalam karung harus dapat dilakukan dengan menggunakan mesin dan dapat di angkat oleh manusia dengan mudah.

6.2.5 Pemasangan Silt Baricade

Pemasangan *baricade* ini bertujuan untuk menangkap butiran-butiran halus dari material reklamasi agar tidak menyebar dan mengotori perairan sekitar

reklamasi. Butiran halus akan terperangkap dalam *baricade* ini yang kemudian akan dikumpulkan dan diarahkan ke daratan kembali untuk dapat dibuang.

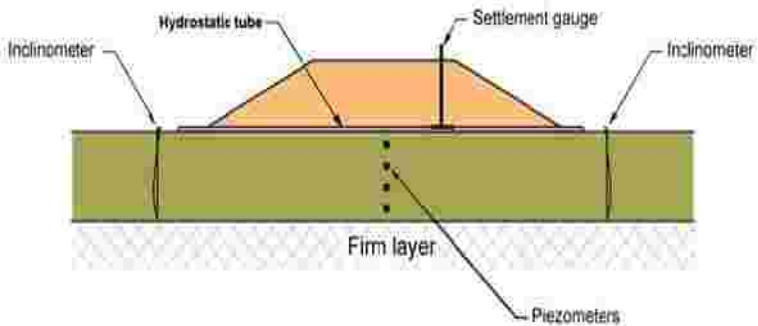


Gambar 6.3 Ilustrasi Pemasangan Silt Baricade
(Sumber: Google.com)

Pada **Gambar 6.3** terlihat perbedaan warna air laut sisi kiri dengan sisi kanan. Hal ini disebabkan sisi kiri air laut mengandung butiran halus dari material reklamasi yang dapat mengotori laut.

6.2.6 Pemasangan Soil Monitoring Instrument

Berupa pemasangan alat-alat instrumen untuk memonitoring pekerjaan penimbunan atau pengurukan area reklamasi. Beberapa jenis instrumen yang digunakan dalam pekerjaan reklamasi, diantaranya *settlement plate*, *pneumatic piezometer*, dan *inclinometer*.



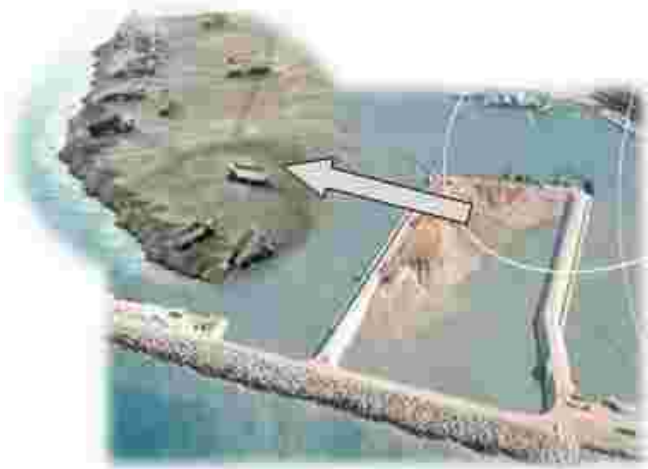
Gambar 6.4 Skema Pemasangan Soil Monitoring Instrument
(Sumber: Google.com)

Terlihat pada **Gambar 6.4** skema pemasangan *soil monitoring instrument* yang akan ditempatkan di lapangan. Hal ini dipertimbangkan dari fungsi masing-masing instrument seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan bab sebelumnya, point 5.9.

6.2.7 Pekerjaan Penimbunan atau Pengurukan Reklamasi

Penimbunan merupakan proses penuangan material reklamasi pada area perencanaan reklamasi. Penimbunan ini dilakukan dengan bantuan alat berat berupa *dump truck* sebagai alat transportasi material dari *quarry* menuju lokasi proyek yang kemudian digunakan *buldozer* sebagai pembantu alat dorong material menuju titik yang akan dilakukan penimbunan, sedangkan untuk menyesuaikan elevasi timbunan reklamasi titik satu dengan yang lainnya digunakan bantuan alat berat berupa *scraper*. Dalam pelaksanaanya tinggi tanggul awal dibuat lebih tinggi dari HWL, hal ini bertujuan agar ketika penimbunan air yang terjebak dalam tanggul dapat mengalir keluar seiring dengan bertambah tingginya

timbunan reklamasi. Untuk butiran pasir yang tidak dapat mengendap (suspensi) agar dapat keluar mengalir terbawa air laut melewati tanggul awal (over topping) yang kemudian akan tertangkap oleh jaringan *silt baricade*.



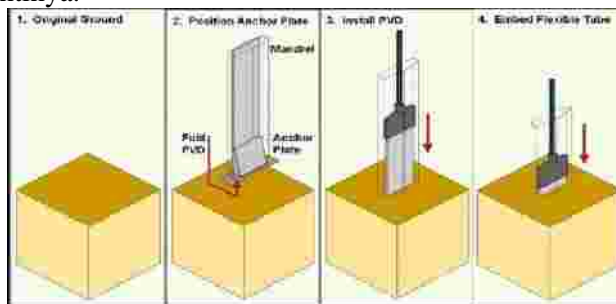
Gambar 6.5 Ilustrasi Tahapan Penimbunan Area Reklamasi Segmental
(Sumber: Google.com)

Tahapan penimbunan reklamasi ini dilakukan secara bertahap, hal ini mengingat kemampuan alat berat yang terbatas sehingga tidak dapat menimbun secara keseluruhan. Penimbunan bertahap awal akan dilakukan hingga mencapai ketinggian timbunan pada elevasi +3 mLWS. Hal ini dikarenakan perencanaan pemasangan pekerjaan selanjutnya yaitu berupa vertikal drain pada elevasi tersebut. Pekerjaan ini pun dilakukan secara segmental, atau dengan kata lain pekerjaan penimbunan akan dibagi menjadi segmen-segmen kecil untuk mempermudah dan mempercepat pelaksanaanya.

Dikarenakan pekerjaan penimbunan hanya dapat dilaksanakan setelah pekerjaan tanggul bawah selesai, sehingga pembagian dalam segment ini akan membuat pelaksanaan penimbunan lebih cepat dalam pelaksanaanya, karena membutuhkan waktu yang sangat lama sekali jika harus menunggu pekerjaan tanggul awal selesai secara keseluruhan. Direncanakan dengan luasan segment dalam pelaksanaanya $\pm 625 \text{ m}^2$.

6.2.8 Pemasangan Vertikal Drain

Vertikal drain merupakan alat bantu percepatan pemampatan tanah pada lapisan *compressible soil*. Peralatan ini berupa lembaran tipis yang panjang yang akan ditanam ke dalam lapisan tanah dengan menggunakan bantuan alat pancang dilengkapi dengan selongsong pelindung *mandrel* dan penutup ujung mandrel berupa *anchor plate*. Mandrel berfungsi sebagai alat bantu pemancangan vertikal drain agar dapat menembus hingga kedalaman rencana, sedangkan anchor plate berfungsi sebagai penutup mendrel saat pelaksanaan pemancangan ke dalam tanah, agar tanah tidak masuk ke dalam lubang mandrel yang akan diisi dengan PVD nantinya.



Gambar 6.6 Skema Pemasangan Mandrel dan Anchor Plate

(Sumber: Google.com)



Gambar 6.8 Pemasangan Settlement Plate Baru
(Sumber: Google.com)

Berikut merupakan contoh pemasangan *settlement plate* di lapangan **Gambar 6.8**.

6.2.10 Pemasangan Horizontal Drain

Agar air dari limpasan vertikal drain dapat keluar dengan cepat, maka diperlukan penambahan alat horizontal drain yang kemudian di sambungkan antara vertikal drain dengan horizontal drain. Alat ini berfungsi untuk mempermudah keluarnya air pori dalam pada vertikal drain keluar dari dalam timbunan.



Gambar 6.9 Ilustrasi Pemasangan Horizontal Drain di Lapangan
(Sumber: Google.com)

Pada **Gambar 6.9** terlihat skema pemasangan horizontal drain yang disambungkan dengan ujung vertikal drain. Vertikal drain harus terkoneksi dengan horizontal drain agar sistem drainase berjalan dengan baik.

Dikarenakan harga horizontal drain yang relatif mahal, hal ini dapat digantikan dengan menggunakan material lain dengan fungsi yang sama. Biasanya penggantian horizontal drain ini dapat digantikan dengan lapisan pasir kasar yang di hamparkan horizontal secara menerus agar air dari vertikal drain dapat keluar melalui pori-pori lapisan tersebut pada ujung sisi timbunan.

Tebal lapisan pasir yang dapat digunakan hingga mencapai ketebalan 50 cm, dari jenis kualitas pasir bergradasi baik dan berkualitas baik.

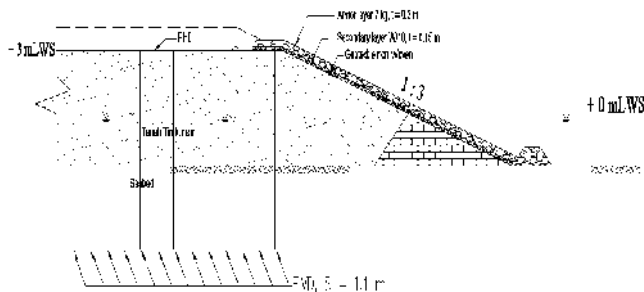
6.2.11 Pemasangan Geotextile

Setelah tinggi timbunan reklamasi mencapai elevasi +3.00 mLWS. Geotextile dihampar mulai dari posisi berm dari tanggul nantinya ditarik ke atas hingga

tepi timbunan sand bag lalu dilipat ke atas, tanpa perlu meratakan lerengnya secara khusus. Untuk mengatasi lebar yang terlalu lebar dari lereng timbunan geotextile perlu dilakukan penyambungan dengan dijahit.

6.2.12 Pekerjaan Shore Protection

Berm dipasang secepatnya setelah geotextile dihampar pada bagian bawah, material ditata sedemikian rupa agar batuan satu dengan yang lainnya rapat dan saling mengunci dan ditumpuk berbentuk trapesium.



Gambar 6.10 Sketsa Pemasangan Struktur *Shore Protection*

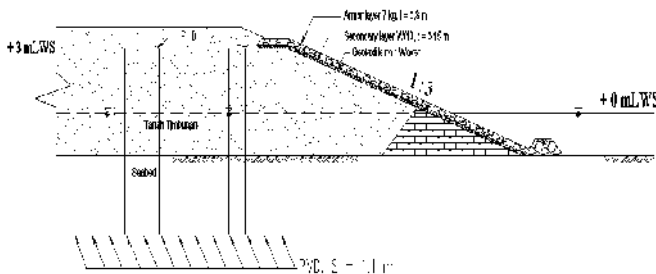
(Sumber: Hasil pemodelan)

Dapat dilihat pada **Gambar 6.10** sketsa pemasangan struktur *shore protection*, dimana setelah pemasangan berm dilanjutkan dengan pemasangan *secondary layer* berupa batuan dengan $W/10$ yang ditata secara random diatas geotextile hingga mencapai ketebalan rencana. Setelah selesai dilanjutkan dengan armor layer berupa lapisan batuan yang lebih besar (W) yang pemasanganya dilakukan dengan ditata antar batumannya agar satu sama lain dapat terjadi ikatan (saling mengunci), sehingga batuan yang digunakan harus

merupakan batuan yang memiliki sudut dengan ketebalan rencana 15 cm.

6.2.13 Reklamasi Bagian Atas

Setelah lapisan horizontal drain selesai dihamparkan, kemudian penimbunan material reklamasi dapat dilanjutkan dengan penimbunan bertahap setebal 50 cm dimana pada setiap tahapanya dilakukan pemadatan.



Gambar 6.11 Sketsa Pekerjaan Reklamasi Bagian Atas
(Sumber: Hasil Pemodelan)

Dapat dilihat pada **Gambar 6.11** sketsa penimbunan material reklamasi dengan cara bertahap. Pekerjaan ini dilakukan hingga mencapai elevasi reklamasi yang direncanakan.

6.2.14 Pekerjaan Pemadatan

Peralatan pemadatan yang dapat digunakan berupa *vibro compactor* dengan jumlah lintasan dan kecepatan alat tergantung hasil test lapangan. Pemadatan harus dilakukan dengan hati – hati agar tidak menyebabkan kerusakan pada peralatan pengamatan tanah (*soil monitoring*). Pemadatan dilakukan hingga pekerjaan timbunan mencapai elevasi pelaksanaan.

6.3 Rencana Anggaran Biaya

Anggaran biaya ini dilakukan untuk menaksir perkiraan harga yang dibutuhkan dalam pembangunan proyek reklamasi ini. Dimana pada analisisnya adalah dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan yang sudah ditetapkan oleh pemerintah maupun distributor material. Untuk harga satuan yang digunakan adalah permenhub 78 2014, Harga satuan dan upah kerja Jawa Barat, dan hasil survey.

6.3.1 Perhitungan Volume Pekerjaan

Untuk dapat mengetahui harga dibutuhkan besar volume pekerjaan yang akan dikerjakan, berikut merupakan volume pekerjaan yang dibutuhkan pada pekerjaan reklamasi.

- a. Pembersihan Lahan dan Penanaman Kembali Pohon
 - Pekerjaan Pembersihan Lahan
Diasumsikan luasan lahan yang perlu dibersihkan seluas 70% dari luasan total areal reklamasi. Dimana luasan total area reklamasi $2,721,011.7 \text{ m}^2$, sehingga luas pembersihan lahan.
 $2,721,011.7 \times 0.7 = 1,904,708 \text{ m}^2$
 - Penghijauan kembali (penanaman pohon)
Diperkirakan dalam 1 m^2 lahan terdapat 1 pohon, sehingga jumlah pohon yang perlu ditanam kembali 1,904,708 buah pohon.
 - Pemeliharaan Pohon (1 tahun)
Digunakan sesuai dengan jumlah pohon yang akan ditanam kembali 1,904,708 buah pohon.

b. Pekerjaan Galian dan Timbunan

Pada perhitungannya dilakukan dengan cara mencari luasan tiap bias sesuai dengan konturnya yang kemudian dikalikan dengan ketinggiannya. Untuk mengkonversi menjadi volume, dikarenakan tanah berkontur sehingga perhitungan menggunakan perumusan volume pada segitiga.

- Pekerjaan Tanah

$$\text{CUT} = 2125092.5 \text{ m}^3$$

$$\text{FILL} = 4813469.7 \text{ m}^3$$

Dengan luasan total wilayah reklamasi
 2721011.7 m^2

- Pekerjaan Akses Jalan Sementara (5km x 10m)

c. Pekerjaan Perbaikan Tanah

- Prefabricated Vertical Drain (PVD)

- Mobilisasi Alat, digunakan 10 alat statik rig

- Pengadaan Material PVD (5x100 mm)

Tebal clayey silty = 16 m

Dipasang pada ele. 3 mLWS

Sehingga panjang rata-rata kebutuhan, 16 + 3 = 19 m

$$L_{\text{tot}} = \text{jmlh per m}^2 \times \text{luas} \times L_{\text{rata}2}$$

$$= (1/1.1) \times 2721011.7 \times 19$$

$$= 51699223 \text{ m'}$$

- Pemasangan PVD

Digunakan berdasarkan panjang,
 51699223 m'

- Prefabricated Horizontal Drain (PHD)

- Pengadaan Material PHD (30x100 mm)
 - Jrk antar PHD = $2.5 \times 0.866S = 2.38 \text{ m}$
 - Lebar rata-rata luasan = 1000 m
 - Pjg PHD = luas / lebar = 2721.01 m
 - Spasi antr PHD = lebar / jrk PHD = 419.9
 - Jmlh tot PHD = spasi x pjg PHD
= 1142562 m
- Pemasangan PHD
 - Digunakan sesuai dengan panjang kebutuhan PHD = 1142562 m
- Pekerjaan Soil Monitoring
 - Settlement Plate
 - Dipasang pada luasan 200 x 200 m
 - Jmlh alat = Luas tot / luas SP
= $2721011.7 / 40000$
= 68.025 unit
 - Peneumatic Piezometer
 - Dipasang pada luasan 300 x 300 m
 - Jmlh alat = Luas tot / luas SP
= $2721011.7 / 90000$
= 30.233 unit
 - Inclinator
 - Dipasang setiap 300 m
 - Panjang = Luas tot / lebar
= $2721011.7 / 1000$
= 2721.011 m
 - Jmlh alat = panjang / 300 m
= $2721.011 / 300$
= 18.14 unit

d. Pekerjaan Pelindung Pantai (shore protection)

• Pekerjaan Urugan Kemiringan Lereng

– A1

$$h = 6 \text{ m}$$

$$l = 18 \text{ m}$$

$$p = 545.99 \text{ m}$$

$$\text{vol} = \text{Luas alas} \times \text{tinggi} \times 0.5$$

$$= 6 \times 18 \times 545.99 \times 0.5$$

$$= 29483.46 \text{ m}^3$$

– A2

$$h = 6 \text{ m}$$

$$l = 18 \text{ m}$$

$$p = 1129.51 \text{ m}$$

$$\text{vol} = \text{Luas alas} \times \text{tinggi} \times 0.5$$

$$= 6 \times 18 \times 1129.51 \times 0.5$$

$$= 49557.25 \text{ m}^3$$

– A3

$$h = 6 \text{ m}$$

$$l = 18 \text{ m}$$

$$p = 1004.51 \text{ m}$$

$$\text{vol} = \text{Luas alas} \times \text{tinggi} \times 0.5$$

$$= 6 \times 18 \times 1004.51 \times 0.5$$

$$= 42063.86 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol.tot} = 29483.46 + 49557.25 + 42063.86 = 121104.6 \text{ m}^3$$

• Pekerjaan Lapis Primer

– A1

$$h = 3 \text{ m}$$

$$L1 = 1 \text{ m}$$

$$L_{\text{mir}} = 9.49 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 p &= 545.99 \text{ m} \\
 \text{vol} &= (\text{Lmir} + \text{L1}) \times \text{tebal} \times p \\
 &= (9.49 + 1) \times 0.3 \times 545.99 \\
 &= 1718.231 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

– A2

$$\begin{aligned}
 h &= 5 \text{ m} \\
 \text{L1} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Lmir} &= 15.81 \text{ m} \\
 p &= 1129.51 \text{ m} \\
 \text{vol} &= (\text{Lmir} + \text{L1}) \times \text{tebal} \times p \\
 &= (15.81 + 1) \times 0.3 \times 1129.51 \\
 &= 5696.119 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

– A3

$$\begin{aligned}
 h &= 4 \text{ m} \\
 \text{L1} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Lmir} &= 12.65 \text{ m} \\
 p &= 1004.51 \text{ m} \\
 \text{vol} &= (\text{Lmir} + \text{L1}) \times \text{tebal} \times p \\
 &= (12.65 + 1) \times 0.3 \times 1004.51 \\
 &= 4113.468 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vol.tot} &= 1718.231 + 5696.119 + \\
 &4113.468 = 11527.82 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Pekerjaan Lapis Sekunder
Dikarenakan bentuk yang sama dengan lapis primer, namun dengan tebal 15 cm.
Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Vol tot} &= \text{vol lapis primer} / 2 \\
 &= 11527.82 / 2 \\
 &= 5763.9 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$
- Pekerjaan Geotextile (non woven)

– A1

$$\text{Lmir} = 10.49 \text{ m (plus tekukan)}$$

$$p = 545.99 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{vol} &= \text{Lmir} \times p \\ &= 10.49 \times 545.99 \\ &= 5727.435 \text{ m}^2\end{aligned}$$

– A2

$$\text{Lmir} = 16.81 \text{ m (plus tekukan)}$$

$$p = 1129.51 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{vol} &= \text{Lmir} \times p \\ &= 16.81 \times 1129.51 \\ &= 18987.06 \text{ m}^2\end{aligned}$$

– A3

$$\text{Lmir} = 13.65 \text{ m (plus tekukan)}$$

$$p = 1004.51 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{vol} &= \text{Lmir} \times p \\ &= 13.65 \times 1004.51 \\ &= 13711.56 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vol.tot} &= 5727.435 + 18987.06 + \\ &13711.56 = 38426.06 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Instalasi geotextile
Digunakan sesuai dengan kebutuhan
luasan yang dipasang = 38426.06 m^2
- Pekerjaan Tanggul (sand bag)

– A2

$$\text{Luas} = 10.125 \text{ m}^2$$

$$p = 1129.51 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{vol} &= \text{Luas} \times p \\ &= 10.125 \times 1129.51 \\ &= 11436.29 \text{ m}^3\end{aligned}$$

– A3

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= 3.125 \text{ m}^2 \\ p &= 1004.51 \text{ m} \\ \text{vol} &= \text{Luas} \times p \\ &= 3.125 \times 1004.51 \\ &= 3139.094 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Vol.tot} = 11436.29 + 3139.094 = 14575.38 \text{ m}^3$$

- Pekerjaan Sheet Pile

– T1

$$\begin{aligned}p &= 923.29 \text{ m} \\ l &= 2.26 \text{ m (1 sheet pile)} \\ h &= 22.5 \text{ m} \\ \text{berat/m} &= 177 \text{ kg} \\ \text{jmlh sheet pile} &= \text{panjang} / \text{lebar} \\ &= 923.29 / 2.26 \\ &= 408.535 \text{ unit} \\ \text{Tot. Pjg} &= \text{jmlh} \times \text{pjg} \\ &= 408.535 \times 22.5 \\ &= 9069.486 \text{ m} \\ \text{Tot. Berat} &= \text{tot.pjg} \times \text{berat} \\ &= 9069.486 \times 177 \\ &= 1605299 \text{ kg}\end{aligned}$$

– T2

$$\begin{aligned}p &= 286.56 \text{ m} \\ l &= 2.26 \text{ m (1 sheet pile)} \\ h &= 27 \text{ m} \\ \text{berat/m} &= 177 \text{ kg} \\ \text{jmlh sheet pile} &= \text{panjang} / \text{lebar} \\ &= 286.56 / 2.26 = 126.8 \text{ unit} \\ \text{Tot. Pjg} &= \text{jmlh} \times \text{pjg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 126.8 \times 27 \\
 &= 3423.5 \text{ m} \\
 \text{Tot. Berat} &= \text{tot.pjg} \times \text{berat} \\
 &= 3423.5 \times 177 \\
 &= 605960.3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tiang Pancang

- T1

$$\begin{aligned}
 p &= 923.29 \text{ m} \\
 L_{\text{tiang}} &= 27.6 \text{ m} \\
 \text{jmlh} &= 923.29 \text{ unit} \\
 \text{vol} &= L_{\text{tiang}} \times \text{jmlh} \\
 &= 27.6 \times 923.29 \\
 &= 25482.8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- T2

$$\begin{aligned}
 p &= 286.56 \text{ m} \\
 L_{\text{tiang}} &= 31.05 \text{ m} \\
 \text{jmlh} &= 286.56 \text{ unit} \\
 \text{vol} &= L_{\text{tiang}} \times \text{jmlh} \\
 &= 31.05 \times 286.56 \\
 &= 8897.688 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Vol.perlu} &= 25482.8 + 8897.688 = \\
 &= 34380.49 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Capping Beam
 $P1 + p2 = 923.29 + 286.56 = 1209.85 \text{ m}$
 $L = 2.8 \text{ m}$
 $t = 1.72 \text{ m}$
 $\text{Vol} = (p1 + p2) \times L \times t = 5826.638 \text{ m}^3$

6.3.2 Hasil Rekap RAB Pekerjaan Reklamasi

Berikut merupakan hasil analisa biaya untuk pelaksanaan proyek reklamasi disajikan dalam **Tabel 6.1**.

Tabel 6.1 Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	AHS	Biaya
1	Pekerjaan Persiapan	ls	1	1,540,882,233	1,540,882,233
2	Pembersihan lahan dan Penanaman Kembali pohon				
2.1	Pekerjaan Pembersihan Lahan	m2	1,904,708	19,287	36,736,411,838
2.2	Penghijauan kembali (penanaman pohon)	batang	1,904,708	5,000	9,523,541,008
2.3	Pemeliharaan Pohon (1 tahun)	batang	1,904,708	7,070	13,466,286,985
	Keuntungan (10%)				5,972,623,983
	Sub tot				65,698,863,815
3	Pekerjaan Galian dan Timbunan				
3.1	Pekerjaan Galian Tanah Biasa	m3	2,125,092	71,981	152,965,451,184
3.2	Pekerjaan Timbunan	m3	17,694,195	145,370	2,572,210,495,731
3.3	Pekerjaan Akses Jalan Sementara (5km x 10m)	m2	50,000	109,660	5,483,000,000
	Keuntungan (10%)				273,065,894,692
	Sub tot				3,003,724,841,607
4	Pekerjaan Perbaikan Tanah				
4.1	Prefabricated Vertical Drain (PVD)				
4.1.1	Mobilisasi Alat	unit	10	4,400,000,000	44,000,000,000
4.1.2	Pengadaan Material PVD (5x100 mm)	m	51,699,223	4,009	207,262,183,465
4.1.3	Pemasangan PVD	m	51,699,223	6,600	341,214,869,262
4.2	Prefabricated Horizontal Drain (PHD)				
4.2.1	Pengadaan Material PHD (30x100 mm)	m	1,142,562	30,600	34,962,401,229
4.2.2	Pemasangan PHD	m	1,142,562	2,008	2,294,264,760

(lanjutan *tabel 6.1*)

4.3	Pekerjaan Soil Monitoring				
4.3.1	Mobilisasi Alat	m	ls	440,000,000	440,000,000
4.3.2	Pengadaan Bahan				
4.3.2.1	Settlement Plate	unit	69	4,501,184	310,581,696
4.3.2.2	Pneumatic Piezometer	unit	31	113,088,321	3,505,737,951
4.3.2.3	Inclinometer	unit	20	9,088,796	181,775,920
4.3.3	Monitoring Alat	bln	6	195,000,000	1,170,000,000
4.3.4	Laporan Monitoring	bln	6	16,000,000	96,000,000
	keuntungan (10%)				63,543,781,428
	Sub tot				698,981,595,712
5	Pekerjaan Pelindung Pantai				
5.1	Pekerjaan Urugan Kemiringan Lereng	m3	121104.568	145,370	17,605,007,792
5.2	Pekerjaan Lapis Primer	m3	11527.8179	699,528	8,064,036,076
5.3	Pekerjaan Lapis Sekunder	m3	5763.90896	699,528	4,032,018,038
5.4	Pekerjaan Geotextile (non woven)	m2	38426.0597	158,655	6,096,483,043
5.5	Instalasi geotextile	m2	38426.0597	3,848	147,866,936
5.6	Pekerjaan Tanggul (sand bag)	m3	14575.3825	58,000	845,372,185
5.7	Pekerjaan Sheet Pile	ton	2211.26	15,000,000	33,168,889,155
5.8	Tiang Pancang	m'	34380.49	500,000	17,190,246,000
5.9	capping beam	m3	5826.64	890,000	5,185,707,464
	keuntungan (10%)				6,995,967,322
	Sub tot				99,331,594,011
	TOTAL BIAYA				3,869,277,777,377

(Sumber: Hasil analisa)

Tabel 6.2 Hasil Rekap Rencana Anggaran Biaya

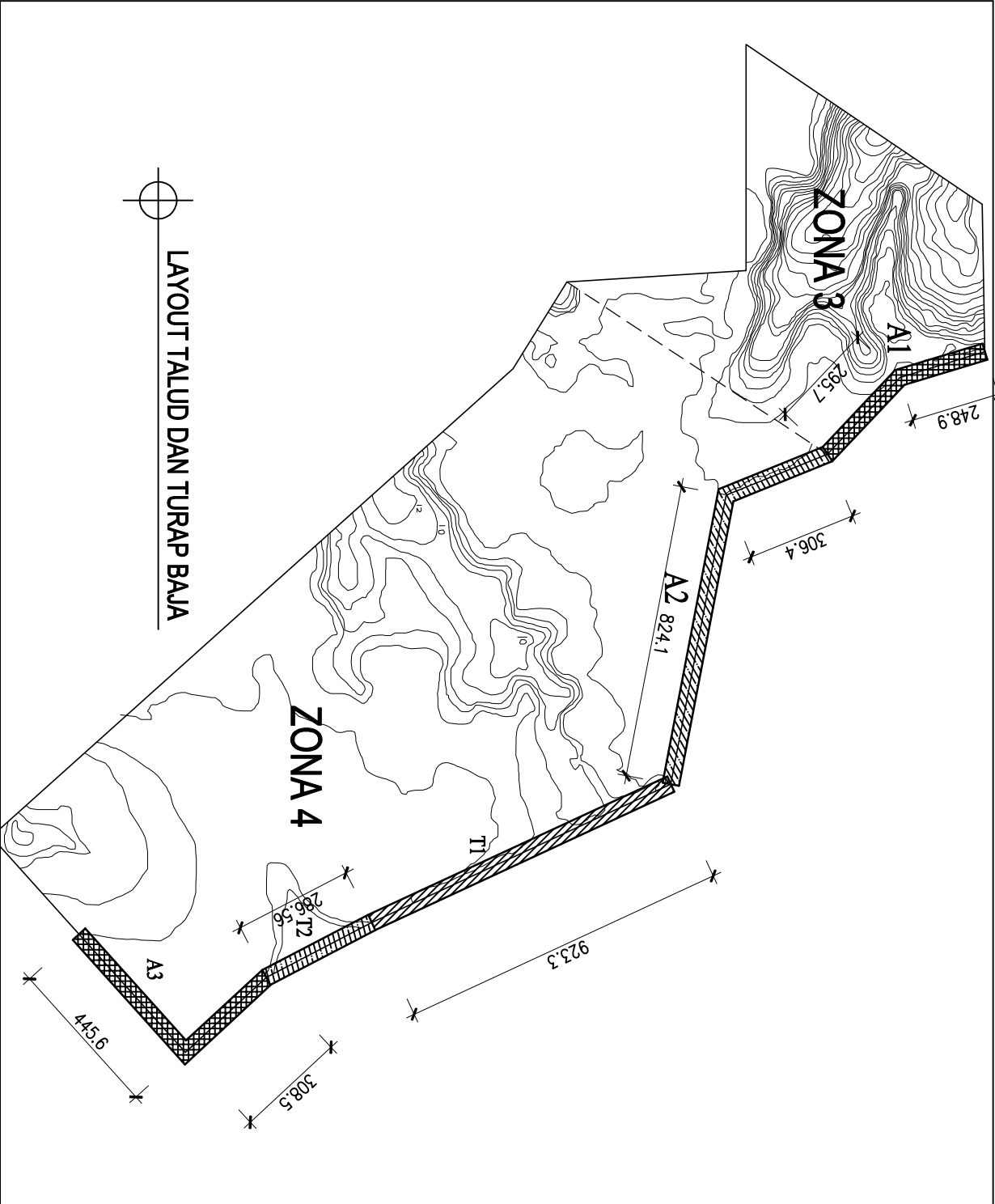
No	Deskripsi Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan Persiapan	1,540,882,233
2	Pembersihan lahan dan Penanaman Kembali pohon	65,698,863,815
3	Pekerjaan Galian dan Timbunan	3,003,724,841,607
4	Pekerjaan Perbaikan Tanah	698,981,595,712
5	Pekerjaan Pelindung Pantai	99,331,594,011
sub Total		3,869,277,777,377
PPN (10%)		386,927,777,737.74
TOTAL		4,256,205,555,115

(Sumber: Hasil analisa)

Didapatkan dari hasil analisa pada **Tabel 6.2** harga yang dibutuhkan untuk melaksanakan pembangunan proyek reklamasi ini, yaitu sebesar Rp 4,256,205,555,115 dengan luasan total area reklamasi seluas 2,721,012 m². Sehingga biaya dalam m² pekerjaan ini adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya/m}^2 &= \text{Total Biaya} / \text{Luasan (m}^2\text{)} \\
 &= \text{Rp } 4,256,205,555,115 / 2,721,012 \text{ m}^2 \\
 &= \text{Rp } 1,564,200
 \end{aligned}$$

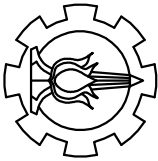
Sehingga biaya pekerjaan dalam satuan m², yaitu sebesar Rp 1,564,200



No Gambar: 02
Judul : Perencanaan Reklamasi dan Shore Protection di Zona 3 dan 4 Tersus PT Badak NGL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA PROGRAM STUDI SI EKSTENSI LINTAS JALUR
Tugas Akhir
Judul Gambar :
LAYOUT TALUD DAN TURAP BAJA
Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA Ir. Fuddoly, M.Sc.
Di Gambar oleh :
Nama : Welly Nawy Berlian NRP : 3114105022

No Gambar: 03

Judul :
Perencanaan Reklamasi dan
Shore Protection di Zona 3 dan 4
Tersus PT Badak NGL



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
PROGRAM STUDI SI EKSTENSI LINTAS TALUD

Tugas Akhir

Judul Gambar :

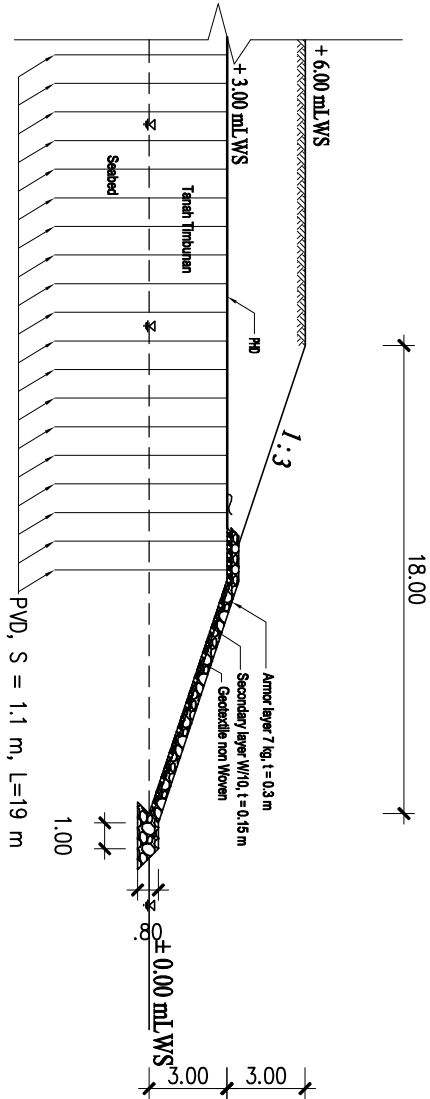
TALUD TYPE A1 DAN TYPE A2

Dosen Pembimbing

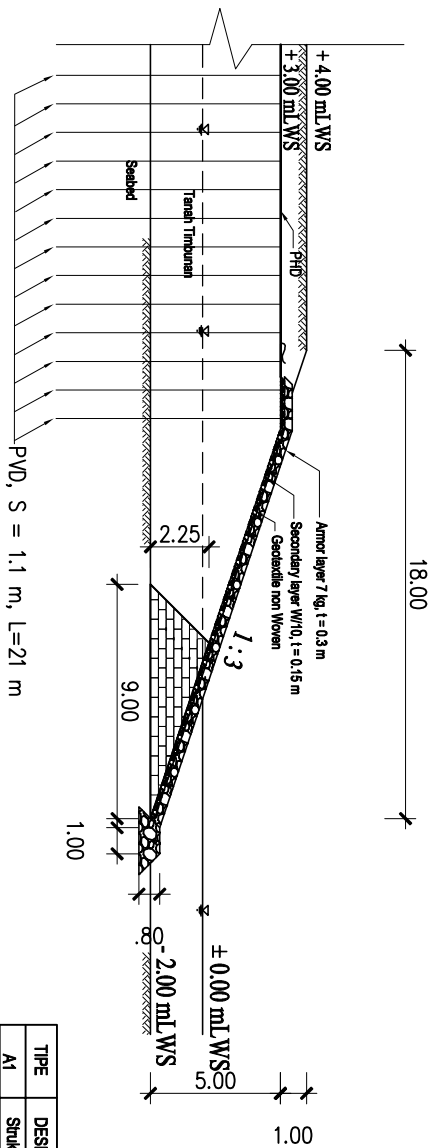
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA
Ir. Fuddoly, M.Sc.

Di Gambar oleh :

Nama : Welly Nawi Berlian
NRP : 31114105022

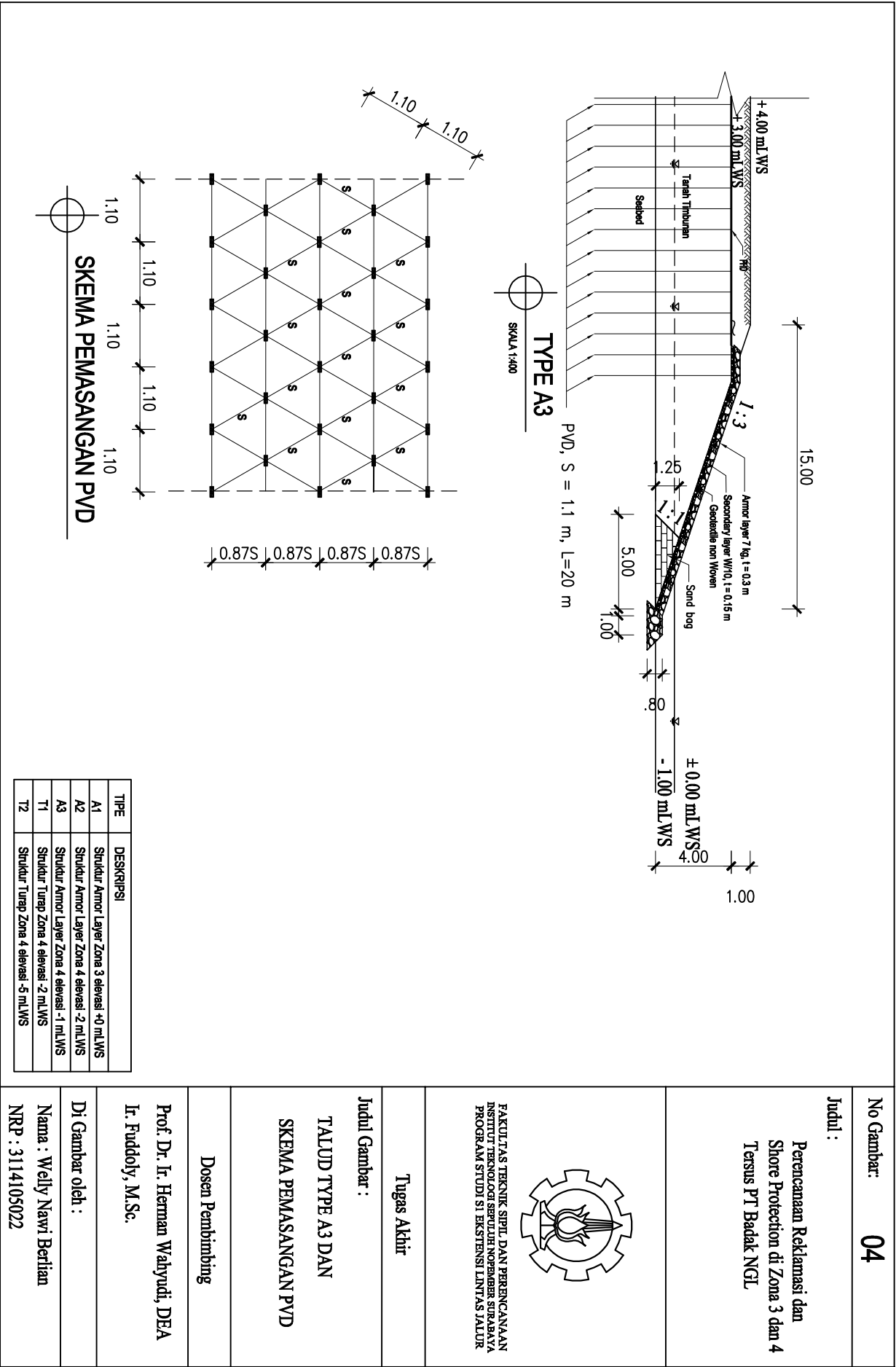


TYPE A1
SKALA 1:400



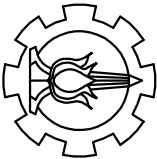
TYPE A2
SKALA 1:400

TIPE	DESKRIPSI
A1	Struktur Armor Layer Zona 3 elevasi +0 m LWS
A2	Struktur Armor Layer Zona 4 elevasi -2 m LWS
A3	Struktur Armor Layer Zona 4 elevasi -1 m LWS
T1	Struktur Turap Zona 4 elevasi -2 m LWS
T2	Struktur Turap Zona 4 elevasi -5 m LWS



Judul :

Percanaan Reklamasi dan
Shore Protection di Zona 3 dan 4
Tersus PT Badak NGL



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
PROGRAM STUDI SI EKSTENSI LINTAS JALUR

Tugas Akhir

Judul Gambar :

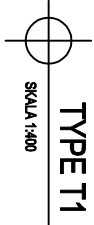
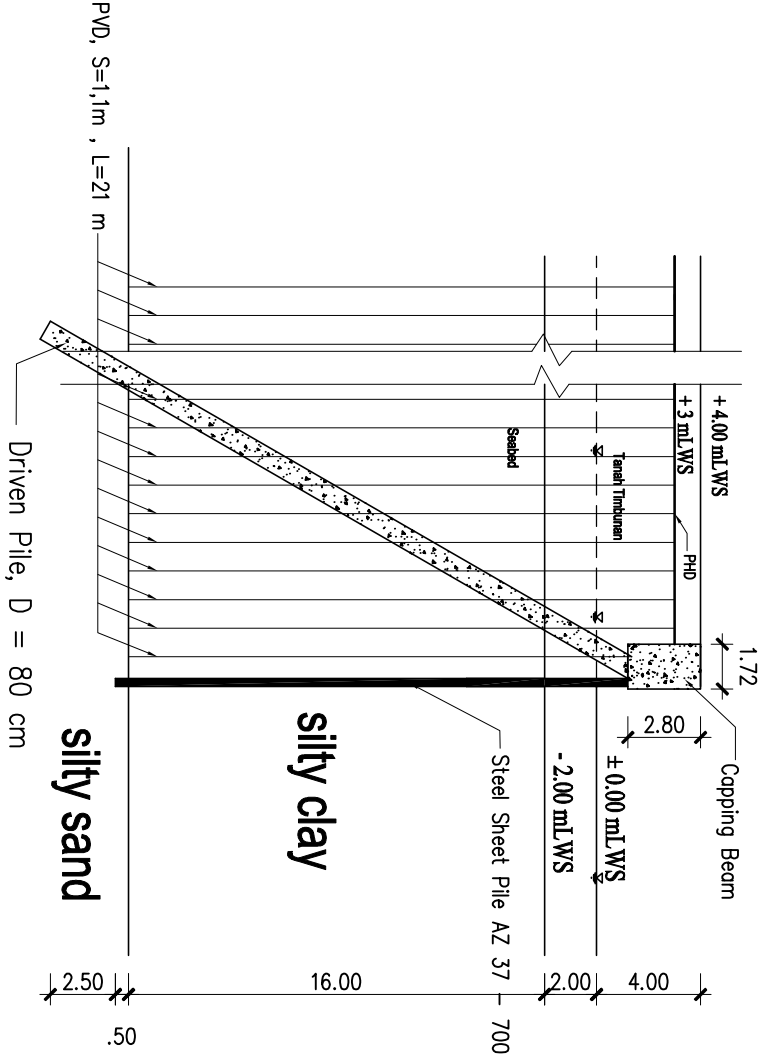
TURAP BAJA

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA
Ir. Fuddoly, M.Sc.

Di Gambar oleh :

Nama : Welly Nawi Berlian
NRP : 3114105022

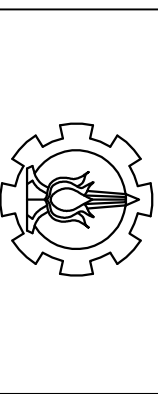


TIPE	DESKRIPSI
A1	Struktur Armor Layer Zona 3 elevasi +0 m.LWS
A2	Struktur Armor Layer Zona 4 elevasi -2 m.LWS
A3	Struktur Armor Layer Zona 4 elevasi -1 m.LWS
T1	Struktur Turap Zona 4 elevasi -2 m.LWS
T2	Struktur Turap Zona 4 elevasi -5 m.LWS

No Gambar: 06

Judul :

**Perencanaan Reklamasi dan
Shore Protection di Zona 3 dan 4
Terus PT Badak NGL**



**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
PROGRAM STUDI SI EKSTENSI LINTAS JALUR**

Tugas Akhir

Judul Gambar :

TURAP BAJA

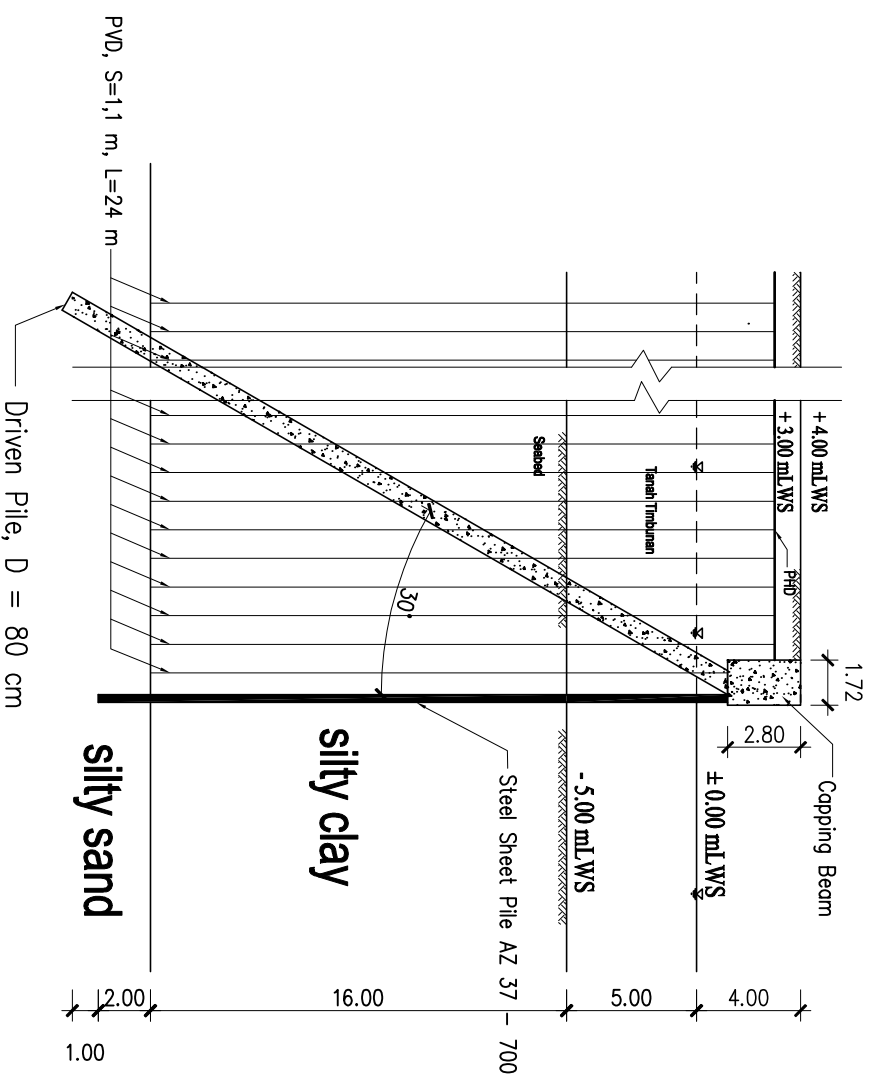
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA
Ir. Fudoly, M.Sc.

Di Gambar oleh :

Nama : Welly Nawi Berlian

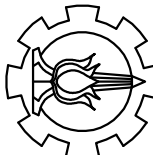
NRP : 3114105022



TYPE T2

SKALA 1:400

TIPE	DESKRIPSI
A1	Struktur Armor Layer Zona 3 elevasi +0 mLWS
A2	Struktur Armor Layer Zona 4 elevasi -2 mLWS
A3	Struktur Armor Layer Zona 4 elevasi -1 mLWS
T1	Struktur Turap Zona 4 elevasi -2 mLWS
T2	Struktur Turap Zona 4 elevasi -5 mLWS

No Gambar:	06
Judul :	<p>Percencanaan Reklamasi dan Shore Protection di Zona 3 dan 4 Tersus PT Badak NGL</p>
	
<p>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA PROGRAM STUDI SI EKSTENSI LINTAS JALUR</p>	
Tugas Akhir	
Judul Gambar :	
TURAP BAYA	
Dosen Pembimbing	
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA Ir. Fudoldy, M.Sc.	
Di Gambar oleh :	
Nama : Welly Nawvi Berlian NRP : 3114105022	

LAMPIRAN I

- a. Layout Proyek
- b. Data Tanah

LAMPIRAN II

- a. Analisa Parameter Tanah (Statigrafi)
- b. Timbunan Bertahap dan Peningkatan Nilai Cu
- c. Analisa Harga Satuan

Lampiran I b. Data Tanah

Table 1.10 New and Refused (MW)

Tipe dan SDN
Masuk LADO DEVELOPMENT PERTANIA
Cocokkan KAMPITEN BONTANG PROPINSI SULAWESI TENGAH
Jumlah Data 40.30 KILABO

2. **CONSEQUENCES OF GFTS (GTM)**

天* 0050418

Government of India

1200

Did you get a question?

93.00%

[illegible]

Table 6.17: Δ_{HET} and $\Delta_{\text{HET}}^{\text{HET}}$ for H_2O

Road File: B090 Project: LAND DEVELOPMENT PORTALAGA Location: KABUPATEN BONTANG, PROVINSI KALIMANTAN BARU Spacing: 50m		Coordinates of GPC (UTM) U = 487000 N = 611000 Easting of first Station of Chain: 50 mm																							
BORELOG																									
DATE	BORELOG	Ground Elevation Top (BTP) At 30 mm	STRUCTURE	COLLUM	S-S Ticker Depth (mm) (Borehole)	Soil Test (mm)					Physical Properties					Bulk Properties					Subsidence				
						Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Moist Content (%)	Atterberg Limits (%)	Specific Gravity (g/cm³)	Unit Weight (kN/m³)	Void Ratio (e)	Compression Index (Cc)	Preload Ratio (Pr)	Final Settlement (mm)	Initial Settlement (mm)	Final Settlement (mm)	Subsidence (mm)					
1			Silty Sand	Brown Sand	0.10	1.20	56.14	42.81	0.30	17.86	0.741	2.541	0.830	1.711			0.30	10	NON PLASTIC	0.1	0.1				
2			Consolidated Soil		0.10	37.13	4.21	55.47	15.66	72.59	0.854	2.554	0.850	1.917	1.28		0.36	11	NON PLASTIC	0.1	0.1				
3					0.10	6.47	33.36	47.16	0.20	42.82	1.191	2.242	0.520	1.120			0.14	12	NON PLASTIC	0.1	0.1				
4					0.10	1.64	92.88	38.28	0.30	34.57	1.332	2.133	0.200	0.852			0.32	13	NON PLASTIC	0.1	0.1				
5					0.10	0.10	78.74	21.20	0.30	45.73	1.203	2.100	0.500	1.230			0.28	17	NON PLASTIC	0.1	0.1				
6					0.10	0.22	79.82	21.20	0.30	44.24	1.138	2.104	0.540	1.152			0.28	17	NON PLASTIC	0.1	0.1				
7					0.10	2.48	96.24	7.50	0.50	34.54	1.291	2.253	0.400	0.911			0.21	18	NON PLASTIC	0.1	0.1				
8					0.10	3.73	89.29	7.20	0.20	32.11	1.328	2.250	0.400	0.910			0.23	18	NON PLASTIC	0.1	0.1				
9					0.10	0.18	79.38	21.52	0.30	77.37	1.301	2.343	0.620	0.738			0.21	18	NON PLASTIC	0.1	0.1				
10					0.10	0.30	81.48	8.30	0.30	36.79	1.234	2.217	0.520	1.090			0.14	23	NON PLASTIC	0.1	0.1				
11					0.10	0.18	92.78	6.50	0.30	39.51	1.351	2.211	0.400	0.938			0.22	15	NON PLASTIC	0.1	0.1				

Table 2.16 : Raw and SPT data GWV3

No. 100
 100
 100
 100

© 2006 by John Wiley & Sons, Inc.

2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2482 2483 2484 2485 2486 2487 2488 2489 2490 2491 2492 2493 2494 2495 2496 2497 2498 2499 2500 2501 2502 2503 2504 2505 2506 2507 2508 2509 2510 2511 2512 2513 2514 2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 2528 2529 2530 2531 2532 2533 2534 2535 2536 2537 2538 2539 2540 2541 2542 2543 2544 2545 2546 2547 2548 2549 2550 2551 2552 2553 2554 2555 2556 2557 2558 2559 2560 2561 2562 2563 2564 2565 2566 2567 2568 2569 2570 2571 2572 2573 2574 2575 2576 2577 2578 2579 2580 2581 2582 2583 2584 2585 2586 2587 2588 2589 2590 2591 2592 2593 2594 2595 2596 2597 2598 2599 2600 2601 2602 2603 2604 2605 2606 2607 2608 2609 2610 2611 2612 2613 2614 2615 2616 2617 2618 2619 2620 2621 2622 2623 2624 2625 2626 2627 2628 2629 2630 2631 2632 2633 2634 2635 2636 2637 2638 2639 2640 2641 2642 2643 2644 2645 2646 2647 2648 2649 2650 2651 2652 2653 2654 2655 2656 2657 2658 2659 2660 2661 2662 2663 2664 2665 2666 2667 2668 2669 2670 2671 2672 2673 2674 2675 2676 2677 2678 2679 2680 2681 2682 2683 2684 2685 2686 2687 2688 2689 2690 2691 2692 2693 2694 2695 2696 2697 2698 2699 2700 2701 2702 2703 2704 2705 2706 2707 2708 2709 2710 2711 2712 2713 2714 2715 2716 2717 2718 2719 2720 2721 2722 2723 2724 2725 2726 2727 2728 2729 2730 2731 2732 2733 2734 2735 2736 2737 2738 2739 2740 2741 2742 2743 2744 2745 2746 2747 2748 2749 2750 2751 2752 2753 2754 2755 2756 2757 2758 2759 2760 2761 2762 2763 2764 2765 2766 2767 2768 2769 2770 2771 2772 2773 2774 2775 2776 2777 2778 2779 2780 2781 2782 2783 2784 2785 2786 2787 2788 2789 2790 2791 2792 2793 2794 2795 2796 2797 2798 2799 2800 2801 2802 2803 2804 2805 2806 2807 2808 2809 2810 2811 2812 2813 2814 2815 2816 2817 2818

1000

Diameter of Hoop

111-112

INFORMATION ON CONTACTS

000000

VOICE LOG

[illegible]

Table 3.16 - Borand SPT logs B9984

Bore No. : B9984
 Project : LAMP DEVELOPMENT PERCABAYA
 Location : KUBIRPATAN BOCAKANG PRINGING NALOGANTAN TRUP
 Surface Elevation : 40.00 m (WGS)

Corrected SPT (N₆₀) : 100/1000
 Diameter of Bore : 75 mm
 Diameter of Casing : 84 mm

BORE LOG																				
DEPTH (m)	SPT LOG	Soil's Properties Soil Type (m)	SOIL PROFILE	CORRECTION	SPT Data Depth (m) (m)	Soil Gas Analysis (%)				Physical Properties				Moisture Properties						
						Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Water (%)	Specific Gravity (g/cm ³)	Unit Weight (kN/m ³)	Void Ratio (e)	Skempton's number	Moisture Content (%)	Shrinkage (%)	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plasticity Index (%)	
0			Clayey Sil with Coarse and minor Gravelles	Clay	0	14.17	10.23	47.87	27.39	0.899	2.542	0.828	1.258	0.21	0.30	11	60.63	12.17	45.47	
1					1	14.27	4.30	47.11	34.91	67.39	0.904	2.621	0.841	1.712	0.27	0.37	9	61.72	38.52	45.48
2					2	22.35	10.32	49.85	17.31	61.2	1.016	2.651	0.819	1.654	0.21	0.27	14	60.47	58.16	42.31
3					3	16.77	19.80	38.16	18.27	64.83	0.888	2.651	0.831	1.718	0.28	0.31	16	62.68	38.27	44.41
4			Clayey Sil with Coars.	Clay	4	3.18	25.18	38.80	20.93	32.59	1.471	2.881	0.907	0.878	0.44	0.30	7	66.37	28.38	55.15
5					5	9.22	7.30	52.44	18.81	43.79	1.222	2.814	0.910	1.080	0.34	0.36	7	65.51	27.28	46.23
6					6	3.90	29.16	34.15	36.57	33.21	1.852	2.848	0.868	0.810	0.51	0.29	12	70.42	30.17	40.25
7			Clay Sand	Clay Bloom	7	0.46	64.74	4.39	0.86	18.51	1.400	2.718	0.833	0.438		0.10	23	NON PLASTIC		
8					8	9.32	69.82	9.91	9.81	19.34	1.917	2.881	0.756	0.818		0.23	29	NON PLASTIC		
9			Clay Sand with minor organic	Clay	9	9.40	67.77	12.23	9.91	20.99	1.423	2.884	0.928	0.714		0.24	28	NON PLASTIC		
10					10	9.40	69.40	9.34	9.81	24.44	1.398	2.703	0.798	0.802		0.19	22	NON PLASTIC		

Table 3.10: Derivatives of $\mathbf{F}(\mathbf{u})$

Year built	1990
Floor	LAND DEVELOPMENT TEST AREA
Location	KARLSTADT KÖNIGSPLATZ 100, 68101, KARLSTADT
Subject location	0.50 mls SW

Concentration of Ca^{2+} (M)	$x = 100 \pm 10$
Channel width	$y = 73 \text{ nm}$
Forward of Ca^{2+}	80 nm

TOM LEE[illegible]

Table 3.21: How many DPT shots given?

Site No	8040
Project	LAND DEVELOPMENT PORT MANN
Location	KAMPUTEN BOYANG PROPRIETAS KULMAN ANTRAM
Output Extension	40.50 H/200

Department of Social Work (UVA)

第 4 版

Y. J. 2000

Duration of Time

15 FEB 1997

THEORY OF CHANGES

電話: 2222

452-100

Depth (m)	Borehole ID	Stratigraphic Sequence Name / Unit	Lithology	Soil Type	Soil Description (Notes)	Soil Properties (%)				Physical Properties				Geotechnical Properties				Environmental Data			
						Grain Size Analysis (%)				Moisture Content (%)	Dry Density (kg/m³)	Void Ratio (e)	Compression Index (C _c)	Swelling Potential (%)	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Shrinkage (%)	pH	EC (µS/cm)	Temperature (°C)	
						Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)												
0	BH001	Sandy Soil with Clay	Brown	Dry	Sandy soil with clay, brown color, dry state.	65.0	25.0	10.0	0.05	18.0	1.65	0.75	0.65	0.05	25.0	15.0	10.0	7.5	120.0	25.0	
1						65.0	25.0	10.0	0.05	18.0	1.65	0.75	0.65	0.05	25.0	15.0	10.0	7.5	120.0	25.0	
2			65.0	25.0	10.0	0.05	18.0	1.65	0.75	0.65	0.05	25.0	15.0	10.0	7.5	120.0	25.0				
3			65.0	25.0	10.0	0.05	18.0	1.65	0.75	0.65	0.05	25.0	15.0	10.0	7.5	120.0	25.0				
4		Clayey Soil	Brown	Dry	Clayey soil, brown color, dry state.	15.0	45.0	35.0	0.05	22.0	1.45	0.85	0.75	0.05	30.0	20.0	15.0	8.0	150.0	30.0	
5						15.0	45.0	35.0	0.05	22.0	1.45	0.85	0.75	0.05	30.0	20.0	15.0	8.0	150.0	30.0	
6			15.0	45.0	35.0	0.05	22.0	1.45	0.85	0.75	0.05	30.0	20.0	15.0	8.0	150.0	30.0				
7			15.0	45.0	35.0	0.05	22.0	1.45	0.85	0.75	0.05	30.0	20.0	15.0	8.0	150.0	30.0				
8		Sandy Soil with Clay	Brown	Dry	Sandy soil with clay, brown color, dry state.	60.0	30.0	10.0	0.05	17.0	1.70	0.70	0.60	0.05	24.0	14.0	9.0	7.0	110.0	24.0	
9						60.0	30.0	10.0	0.05	17.0	1.70	0.70	0.60	0.05	24.0	14.0	9.0	7.0	110.0	24.0	
10	60.0		30.0	10.0	0.05	17.0	1.70	0.70	0.60	0.05	24.0	14.0	9.0	7.0	110.0	24.0					
11	60.0		30.0	10.0	0.05	17.0	1.70	0.70	0.60	0.05	24.0	14.0	9.0	7.0	110.0	24.0					
12	Clayey Soil	Brown	Dry	Clayey soil, brown color, dry state.	10.0	50.0	35.0	0.05	20.0	1.50	0.90	0.80	0.05	28.0	18.0	12.0	8.5	160.0	28.0		
13					10.0	50.0	35.0	0.05	20.0	1.50	0.90	0.80	0.05	28.0	18.0	12.0	8.5	160.0	28.0		
14		10.0	50.0	35.0	0.05	20.0	1.50	0.90	0.80	0.05	28.0	18.0	12.0	8.5	160.0	28.0					
15		10.0	50.0	35.0	0.05	20.0	1.50	0.90	0.80	0.05	28.0	18.0	12.0	8.5	160.0	28.0					
16	Sandy Soil with Clay	Brown	Dry	Sandy soil with clay, brown color, dry state.	62.0	28.0	10.0	0.05	17.5	1.68	0.72	0.62	0.05	24.5	14.5	9.5	7.2	115.0	24.5		
17					62.0	28.0	10.0	0.05	17.5	1.68	0.72	0.62	0.05	24.5	14.5	9.5	7.2	115.0	24.5		
18		62.0	28.0	10.0	0.05	17.5	1.68	0.72	0.62	0.05	24.5	14.5	9.5	7.2	115.0	24.5					
19		62.0	28.0	10.0	0.05	17.5	1.68	0.72	0.62	0.05	24.5	14.5	9.5	7.2	115.0	24.5					
20	Clayey Soil	Brown	Dry	Clayey soil, brown color, dry state.	12.0	48.0	35.0	0.05	21.0	1.48	0.88	0.78	0.05	29.0	19.0	13.0	8.2	155.0	29.0		
21					12.0	48.0	35.0	0.05	21.0	1.48	0.88	0.78	0.05	29.0	19.0	13.0	8.2	155.0	29.0		
22		12.0	48.0	35.0	0.05	21.0	1.48	0.88	0.78	0.05	29.0	19.0	13.0	8.2	155.0	29.0					
23		12.0	48.0	35.0	0.05	21.0	1.48	0.88	0.78	0.05	29.0	19.0	13.0	8.2	155.0	29.0					
24	Sandy Soil	White	Wet	Sandy soil, white color, wet state.	55.0	35.0	10.0	0.10	19.0	1.55	0.80	0.70	0.10	26.0	16.0	11.0	7.8	130.0	26.0		
25					55.0	35.0	10.0	0.10	19.0	1.55	0.80	0.70	0.10	26.0	16.0	11.0	7.8	130.0	26.0		
26		55.0	35.0	10.0	0.10	19.0	1.55	0.80	0.70	0.10	26.0	16.0	11.0	7.8	130.0	26.0					
27		55.0	35.0	10.0	0.10	19.0	1.55	0.80	0.70	0.10	26.0	16.0	11.0	7.8	130.0	26.0					
28	Sandy Soil	White	Wet	Sandy soil, white color, wet state.	58.0	32.0	10.0	0.10	18.5	1.58	0.78	0.68	0.10	25.5	15.5	10.5	7.6	125.0	25.5		
29					58.0	32.0	10.0	0.10	18.5	1.58	0.78	0.68	0.10	25.5	15.5	10.5	7.6	125.0	25.5		
30		58.0	32.0	10.0	0.10	18.5	1.58	0.78	0.68	0.10	25.5	15.5	10.5	7.6	125.0	25.5					
31		58.0	32.0	10.0	0.10	18.5	1.58	0.78	0.68	0.10	25.5	15.5	10.5	7.6	125.0	25.5					

Table 2.25 : Socio and IPT data summary

Site No.	0000
Project	LANE DEVELOPMENT PERTAMINA
Location	KABUPATEN BONTANG PROPINSI KALIMANTAN BARU
Sealed Quantity	41.35 m ³ WTS

Usefulness of GPS (UTM)	X = 20000
	Y = 20000
Diameter of Sire	74 mm
Diameter of Casing	88 mm

ENR1100

[illegible]

Table 3.54 Sun was soft then, strong

Produk	2009
Industri	UMI DEVELOPMENT PERTAMINA
Alamat	KABUPATEN BONTANG PROPINSI KALIMANTAN BARU
Salah Satu	41.50.0000

Concentration of SDS (wt%)	2 = 0.00250
	4 = 0.00500
Diameter of Sess.	71.0 μ m
Diameter of Coating	86 μ m

DIFFUSION

DEPTH (m)		Standard Penetration Test (SPT) 63.5 mm	DESCRIPTION	CORR.	PT 1 Zone Depth interval (Below 1.0 m)	Soil Test Results (%)				Physical Properties				Geotechnical Properties				Geological Properties			
						Grain Size	Water Content	Shrink Ratio	Specific Gravity	Moist Density (γ_m)	Dry Density (γ_d)	Porosity	Void Ratio	Compressive Strength (σ_{vc})	Shear Strength (τ_v)	Angle of Friction	Angle of Adhesion	Soil Type	Soil Type	Soil Type	Soil Type
0	1	10	Silty Sand	Brown	1.00 - 1.05	7.50	61.20	11.12	0.88	88.88	0.818	1.887	0.705	2.281							
1	15	9.30				67.21	21.75	0.84	93.48	0.794	1.888	0.710	2.338								
2	20	1.00				10.20	31.98	15.42	100.22	0.879	1.048	0.738	2.418	0.20	0.21	12	19.81	37.33	41.42		
3	25	0.11				3.11	31.91	43.47	81.54	0.619	1.831	0.862	2.470	0.21	0.34	11	18.28	37.51	41.15		
4	30	9.40				2.18	31.91	42.38	67.68	0.947	1.601	0.888	1.738	0.30	1.15	10	12.78	38.21	42.35		
5	35	0.30				2.21	31.14	45.21	68.89	0.817	1.829	0.884	1.811	0.21	0.25	10	10.25	38.11	41.35		
6	40	0.11				3.78	34.48	52.59	88.88	0.789	1.811	0.888	1.389	0.25	1.17	9	11.27	37.11	41.12		
7	45	0.88				8.38	31.58	48.84	38.10	1.197	1.187	0.485	0.840	0.30	0.38	5	15.79	31.38	47.40		
8	50	10.48				48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719								
9	55	10.48				48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719								
10	60	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
11	65	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
12	70	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
13	75	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
14	80	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
15	85	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
16	90	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
17	95	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
18	100	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
19	105	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
20	110	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
21	115	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											
22	120	10.48	48.27	41.44	0.84	41.88	1.287	1.688	0.520	1.719											

Table 1.20: μ_{B} and $k_B T$ at 300 K

Date Issued: 22/07/13
 Prepared by: LAM DEVELOPMENT PERTAMA
 Location: KAMPUNG BONTANG PROSEK KALABANTAN TIMUR
 Scale: 1:5000

Coordinates (N/E GPS (1,750))	X = 2853007
	Y = 4006628
Diameter of Base	75 mm
Diameter of Caping	40 mm

NOE 100

[illegible]

Lampiran IIa. Analisa Parameter Tanah (Statigrafi)

Zona 3 dan 4	Zonifikasi Horizontal	Depth (m)	Jenis Tanah	karakteristik tanah													Average per lapis
				Wc (%)										mean	STD	CV	
		BSW 1	BSW 2	BSW 3	BSW 4	BSW 5	BSW 6	BSW 7	BSW 8	BSW 9	BSW 10	62.75	23.93				38.110
		0.00 ~ 2.00	45.22	67.06	50.24	58.98	88.52	88.95	26.81	63.17	88.98	21.64	37.33	14.77	39.555	64.916	
		2.00 ~ 5.00	63.17	72.99	51.34	67.99	88.67	84.76	40.82	63.17	93.46	21.80				69.041	
		5.00 ~ 8.00	90.47	42.62	69.70	61.21	89.78	89.38	18.77	90.47	106.25	31.76				70.589	
		8.00 ~ 11.00	97.75	24.57	76.59	64.89	87.55	89.99	53.52	97.75	81.54	31.73				45.664	
		11.00 ~ 16.00	45.00	45.72	45.00	32.98	72.72	64.55	45.00	45.00	67.60	33.07				48.223	
		16.00 ~ 17.00	43.49	44.24	32.66	40.78	89.34	63.09	17.10	43.49	68.89	39.15	37.33	14.77	39.555	45.012	
		19.00 ~ 20.00	38.97	34.13	28.84	23.23	31.48	73.77	34.28	38.97	88.38	48.07				32.062	
20.00 ~ 21.00	39.68	32.11	28.72	18.35	81.48	18.15	32.13	39.68	36.36	44.01	33.842						
21.00 ~ 25.00	42.46	27.97	27.91	19.34	88.71	20.14	42.46	42.46	41.58	24.69	33.591						
26.00 ~ 29.00	36.79	36.79	07.87	26.98	41.62	18.37	36.79	36.79	43.85	29.96	31.247						
29.00 ~ 31.00	36.83	29.52	30.01	24.48	35.60	19.43	28.44	36.83	51.18	20.15							
karakteristik tanah																	
Dry density (gr/cm³)																	Average per lapis
BSW 1	BSW 2	BSW 3	BSW 4	BSW 5	BSW 6	BSW 7	BSW 8	BSW 9	BSW 10	mean	STD	CV					
0.87	0.74	1.11	0.99	0.56	0.60	1.49	0.99	0.66	1.07	0.97	0.26	26.593	0.909				
0.99	0.86	1.09	0.99	0.58	0.80	1.25	0.99	0.74	1.08				0.932				
0.76	1.19	0.89	1.01	0.68	0.66	1.54	0.76	0.68	1.23				0.940				
0.71	1.33	0.85	0.98	0.63	0.61	1.12	0.71	0.83	1.25				0.901				
1.20	1.20	1.20	1.41	0.89	0.97	1.49	1.20	0.95	1.33				1.176				
1.22	1.14	1.38	1.23	0.79	0.98	1.22	1.22	0.93	1.31	1.25	0.19	14.803	1.143				
1.31	1.26	1.41	1.39	1.49	0.90	1.34	1.31	0.77	1.14				1.226				
1.26	1.33	1.43	1.47	1.41	1.76	1.45	1.26	1.30	1.19				1.385				
1.26	1.50	1.26	1.52	1.13	1.73	1.38	1.26	1.21	1.57				1.382				
1.24	1.34	1.41	1.49	1.21	1.57	1.02	1.24	1.19	1.45				1.300				
1.23	1.35	1.23	1.40	1.29	1.56	1.17	1.23	1.08	1.46				1.300				

karakteristik tanah													
C (kg/cm ²)													Average per lapis
BSW 1	BSW 2	BSW 3	BSW 4	BSW 5	BSW 6	BSW 7	BSW 8	BSW 9	BSW 10	mean	STD	CV	
0.36	0.38	0.30	0.30	0.29	0.24	0.27	0.21	0.25	0.17	0.31	0.06	20.081	0.277
0.34	0.36	0.28	0.37	0.30	0.22	0.37	0.21	0.23	0.24				0.292
0.39	0.34	0.32	0.27	0.31	0.39	0.19	0.26	0.31	0.26				0.304
0.37	0.32	0.39	0.31	0.34	0.32	0.38	0.23	0.34	0.30				0.330
0.35	0.20	0.35	0.30	0.32	0.37	0.17	0.20	0.35	0.35				0.327
0.35	0.28	0.35	0.38	0.39	0.37	0.17	0.28	0.35	0.35	0.27	0.07	24.160	0.327
0.30	0.25	0.16	0.29	0.28	0.38	0.35	0.32	0.37	0.31				0.301
0.27	0.23	0.18	0.18	0.26	0.26	0.29	0.27	0.39	0.33				0.266
0.25	0.31	0.21	0.23	0.38	0.28	0.24	0.25	0.26	0.38				0.279
0.17	0.18	0.27	0.24	0.25	0.19	0.28	0.17	0.28	0.36				0.239
0.24	0.22	0.24	0.19	0.23	0.17	0.31	0.24	0.30	0.19				0.233

karakteristik tanah													
porositas (n)													Average per lapis
BSW 1	BSW 2	BSW 3	BSW 4	BSW 5	BSW 6	BSW 7	BSW 8	BSW 9	BSW 10	mean	STD	CV	
0.544	0.639	0.573	0.609	0.71	0.703	0.41	0.629	0.705	0.37	0.60	0.11	17.700	0.589
0.63	0.66	0.58	0.64	0.70	0.69	0.52	0.63	0.72	0.37				0.613
0.70	0.53	0.65	0.62	0.70	0.70	0.34	0.71	0.74	0.46				0.615
0.72	0.40	0.67	0.63	0.70	0.70	0.58	0.72	0.68	0.46				0.626
0.544	0.55	0.543	0.467	0.654	0.628	0.548	0.541	0.638	0.47				0.558
0.535	0.544	0.463	0.516	0.677	0.621	0.311	0.535	0.644	0.500	0.40	0.00	17.404	0.535
0.51	0.48	0.44	0.47	0.46	0.65	0.48	0.51	0.70	0.56				0.525
0.52	0.47	0.44	0.33	0.46	0.32	0.46	0.51	0.49	0.54				0.452
0.53	0.43	0.43	0.35	0.56	0.35	0.54	0.53	0.53	0.40				0.463
0.50	0.50	0.43	0.42	0.53	0.32	0.50	0.49	0.54	0.45				0.467
0.499	0.445	0.43	0.398	0.485	0.345	0.542	0.493	0.576	0.353				0.457

karakteristik tanah													
eo													Average per lapis
BSW 1	BSW 2	BSW 3	BSW 4	BSW 5	BSW 6	BSW 7	BSW 8	BSW 9	BSW 10	mean	STD	CV	
1.19	1.77	1.34	1.56	2.34	2.37	0.70	1.69	2.39	0.59	1.66	0.63	37.912	1.594
1.67	1.94	1.37	1.70	2.30	2.24	1.07	1.69	2.52	0.59				1.721
2.37	1.13	1.85	1.62	2.35	2.34	0.51	2.42	2.81	0.86				1.826
2.57	0.65	2.01	1.71	2.29	2.37	1.40	2.60	2.15	0.85				1.859
1.19	1.22	1.19	0.88	1.89	1.69	1.21	1.18	1.76	0.89	0.99	0.37	36.906	1.310
1.15	1.19	0.06	1.07	2.10	1.64	0.45	1.15	1.01	1.03				1.245
1.04	0.92	0.79	0.88	0.84	1.83	0.92	1.03	2.31	1.27				1.183
1.07	0.87	0.78	0.50	0.84	0.48	0.86	1.03	0.94	1.16				0.853
1.11	0.71	0.75	0.51	1.26	0.53	1.16	1.12	1.12	0.65				0.901
1.00	1.00	0.75	0.72	1.11	0.47	1.00	0.90	1.17	0.00				0.900
1.00	0.80	0.75	0.66	0.94	0.53	1.19	0.97	1.36	0.55				0.874

karakteristik tanah													
Gs													Average per lapis
DSW 1	DSW 2	DSW 3	DSW 4	DSW 5	DSW 6	DSW 7	DSW 8	DSW 9	DSW 10	mean	STD	CV	
2.64	2.64	2.67	2.64	2.64	2.67	2.70	2.68	2.69	2.72	2.65	0.04	1.343	2.668
2.65	2.65	2.67	2.62	2.63	2.64	2.61	2.68	2.70	2.80				2.666
2.62	2.64	2.65	2.65	2.62	2.62	2.71	2.60	2.65	2.70				2.654
2.63	2.65	2.62	2.63	2.61	2.61	2.61	2.66	2.63	2.67				2.636
2.65	2.67	2.64	2.66	2.60	2.62	2.69	2.62	2.60	2.68	2.66	0.06	2.295	2.644
2.64	2.69	2.64	2.61	2.35	2.60	2.64	2.64	2.63	2.64				2.609
2.67	2.70	2.72	2.65	2.68	2.49	2.67	2.61	2.61	2.65				2.648
2.69	2.71	2.72	2.72	2.65	2.64	2.69	2.60	2.59	2.64				2.663
2.69	2.64	2.70	2.70	2.59	2.65	2.72	2.63	2.68	2.64				2.665
2.72	2.72	2.69	2.68	2.66	2.55	2.72	2.66	2.67	2.68				2.673
2.71	2.71	2.69	2.70	2.64	2.71	2.71	2.64	2.65	2.71				2.688

karakteristik tanah													Average per lapis
Ysat (U/m3)													
BSW 1	BSW 2	BSW 3	BSW 4	BSW 5	BSW 6	BSW 7	BSW 8	BSW 9	BSW 10	mean	STD	CV	
1.00	1.64	1.76	1.69	1.54	1.54	2.06	1.67	1.54	2.14	1.71	0.19	11.211	1.74
1.67	1.61	1.76	1.63	1.53	1.55	1.03	1.67	1.53	2.20				1.70
1.53	1.83	1.63	1.68	1.53	1.53	2.19	1.53	1.47	1.97				1.69
1.50	2.06	1.59	1.65	1.54	1.53	1.72	1.51	1.56	1.96				1.66
1.81	1.80	1.80	1.94	1.60	1.65	1.82	1.80	1.63	1.95				1.78
1.82	1.83	1.94	1.83	1.48	1.65	2.19	1.82	1.63	1.86	1.91	0.16	8.162	1.80
1.87	1.94	2.02	1.93	1.97	1.57	1.93	1.86	1.53	1.78				1.84
1.87	1.97	2.02	2.21	1.95	2.17	1.96	1.84	1.87	1.81				1.97
1.84	2.00	2.03	2.17	1.75	2.14	1.85	1.82	1.85	2.05				1.95
1.91	1.91	2.02	2.04	1.84	2.12	1.91	1.89	1.82	1.99				1.95
1.91	2.01	2.02	2.09	1.90	2.19	1.83	1.89	1.75	2.17				1.98

karakteristik tanah													
LL (%)													Average per lapis
BSW 1	BSW 2	BSW 3	BSW 4	BSW 5	BSW 6	BSW 7	BSW 8	BSW 9	BSW 10	mean	STD	CV	
78.41	NP	79.10	80.63	82.51	76.78	NP	NP	NP	NP	78.66	3.89	1.945	79.49
75.17	74.71	NP	83.72	81.72	73.54	76.41	NP	NP	NP				77.55
79.48	NP	75.30	80.47	84.40	74.02	NP	74.02	79.81	NP				78.36
79.57	NP	79.48	82.68	83.06	79.52	79.53	71.57	80.26	NP				79.46
NP	NP	78.32	68.27	84.68	80.53	NP	80.68	82.79	NP				79.21
75.53	NP	75.53	03.51	06.55	79.06	NP	74.40	00.65	76.40	NP	NP	#VALUE!	NP
NP	NP	NP	70.42	73.90	02.47	72.24	70.37	02.27	NP				NP
NP	NP	NP	NP	70.31	66.64	NP	75.28	78.79	76.51				NP
NP	NP	NP	NP	82.18	67.27	NP	75.77	NP	73.35				NP
NP	NP	NP	NP	74.56	NP	NP	75.48	82.23	74.29				NP
NP	NP	NP	NP	NP	NP	75.30	74.66	75.40	NP				NP

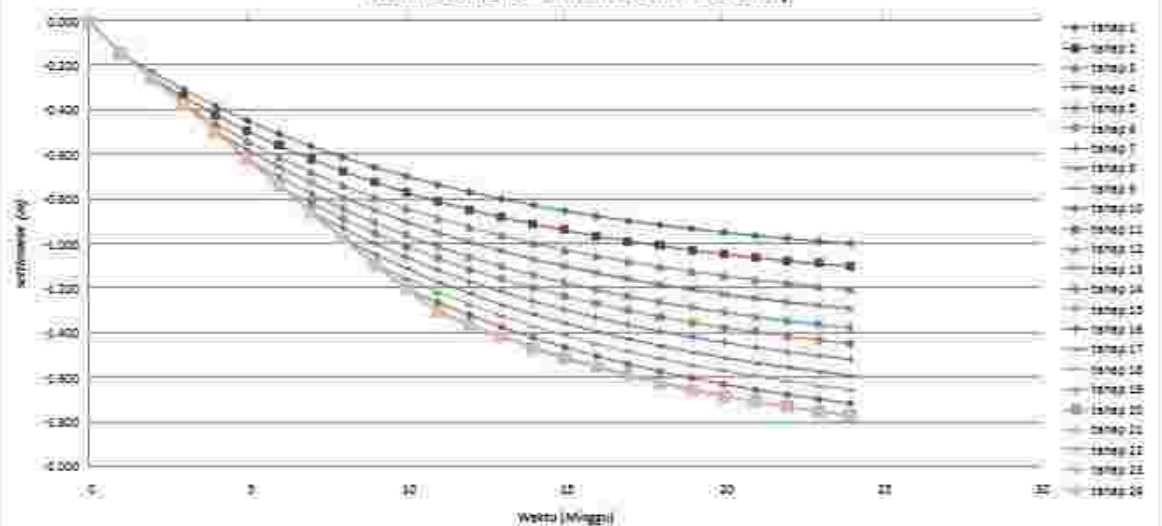
Lampiran IIb. Timbunan Bertahap

PERENCANAAN REKLAMASI ZONA 3 ELEVASI +0 MLWS

➤ Perhitungan Penimbunan Bertahap

Perencanaan timbunan bertahap			Desain Hidrografi																							
Tinggi	Tinggi	Tinggi	Desain Hidrografi																							
			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	1	1	-1.117	-1.224	-1.332	-1.441	-1.552	-1.668	-1.786	-1.907	-2.031	-2.157	-2.285	-2.415	-2.547	-2.681	-2.817	-2.955	-3.095	-3.237	-3.381	-3.527	-3.675	-3.825	-3.977	-4.131
2	2	2	-1.283	-1.402	-1.522	-1.643	-1.766	-1.891	-2.018	-2.147	-2.278	-2.411	-2.546	-2.683	-2.822	-2.963	-3.106	-3.251	-3.398	-3.547	-3.698	-3.851	-3.995	-4.141	-4.289	-4.439
3	3	3	-1.450	-1.580	-1.711	-1.843	-1.977	-2.113	-2.251	-2.391	-2.533	-2.677	-2.823	-2.971	-3.121	-3.272	-3.425	-3.579	-3.735	-3.892	-4.051	-4.211	-4.372	-4.535	-4.699	-4.865
4	4	4	-1.617	-1.758	-1.900	-2.043	-2.188	-2.335	-2.483	-2.633	-2.784	-2.937	-3.091	-3.247	-3.404	-3.563	-3.723	-3.885	-4.048	-4.213	-4.379	-4.547	-4.716	-4.887	-5.059	-5.233
5	5	5	-1.784	-1.936	-2.089	-2.243	-2.398	-2.555	-2.713	-2.872	-3.033	-3.195	-3.358	-3.522	-3.687	-3.853	-4.021	-4.190	-4.360	-4.532	-4.705	-4.879	-5.054	-5.230	-5.407	-5.585
6	6	6	-1.951	-2.114	-2.278	-2.443	-2.609	-2.776	-2.944	-3.113	-3.283	-3.454	-3.626	-3.799	-3.973	-4.148	-4.324	-4.501	-4.679	-4.858	-5.038	-5.219	-5.401	-5.584	-5.768	-5.953
7	7	7	-2.118	-2.292	-2.467	-2.643	-2.820	-3.000	-3.181	-3.363	-3.546	-3.730	-3.915	-4.101	-4.288	-4.476	-4.665	-4.855	-5.046	-5.238	-5.431	-5.625	-5.820	-6.016	-6.213	-6.411
8	8	8	-2.285	-2.470	-2.656	-2.843	-3.032	-3.223	-3.415	-3.608	-3.802	-3.997	-4.193	-4.390	-4.588	-4.787	-4.987	-5.188	-5.390	-5.593	-5.797	-5.992	-6.188	-6.385	-6.583	-6.782
9	9	9	-2.452	-2.648	-2.845	-3.043	-3.243	-3.444	-3.646	-3.849	-4.053	-4.258	-4.464	-4.671	-4.879	-5.088	-5.298	-5.509	-5.721	-5.934	-6.148	-6.363	-6.579	-6.796	-7.014	-7.233
10	10	10	-2.619	-2.826	-3.034	-3.243	-3.454	-3.666	-3.879	-4.093	-4.308	-4.524	-4.741	-4.959	-5.178	-5.398	-5.619	-5.841	-6.064	-6.288	-6.513	-6.739	-6.966	-7.194	-7.423	-7.653
11	11	11	-2.786	-2.994	-3.203	-3.413	-3.625	-3.838	-4.052	-4.267	-4.483	-4.699	-4.916	-5.134	-5.353	-5.573	-5.794	-6.016	-6.239	-6.463	-6.688	-6.914	-7.141	-7.369	-7.598	-7.828
12	12	12	-2.953	-3.172	-3.392	-3.613	-3.835	-4.058	-4.281	-4.505	-4.730	-4.955	-5.181	-5.408	-5.635	-5.863	-6.091	-6.320	-6.550	-6.781	-7.013	-7.246	-7.480	-7.715	-7.951	-8.188
13	13	13	-3.120	-3.350	-3.581	-3.813	-4.046	-4.280	-4.514	-4.749	-4.984	-5.219	-5.455	-5.691	-5.928	-6.165	-6.403	-6.642	-6.882	-7.123	-7.365	-7.608	-7.852	-8.097	-8.343	-8.590
14	14	14	-3.287	-3.528	-3.769	-4.011	-4.254	-4.498	-4.742	-4.987	-5.232	-5.477	-5.723	-5.969	-6.216	-6.463	-6.711	-6.960	-7.210	-7.461	-7.713	-7.966	-8.220	-8.475	-8.731	-8.988
15	15	15	-3.454	-3.706	-3.958	-4.211	-4.465	-4.719	-4.974	-5.229	-5.484	-5.739	-5.995	-6.251	-6.508	-6.765	-7.023	-7.282	-7.542	-7.803	-8.065	-8.328	-8.592	-8.857	-9.123	-9.390
16	16	16	-3.621	-3.884	-4.147	-4.411	-4.676	-4.941	-5.206	-5.471	-5.736	-6.001	-6.266	-6.532	-6.798	-7.065	-7.333	-7.602	-7.872	-8.143	-8.415	-8.688	-8.962	-9.237	-9.513	-9.790
17	17	17	-3.788	-4.062	-4.336	-4.611	-4.886	-5.161	-5.436	-5.711	-5.986	-6.261	-6.536	-6.811	-7.086	-7.361	-7.637	-7.914	-8.192	-8.471	-8.751	-9.032	-9.314	-9.597	-9.881	-10.166
18	18	18	-3.955	-4.240	-4.525	-4.810	-5.095	-5.380	-5.665	-5.950	-6.235	-6.520	-6.805	-7.090	-7.375	-7.660	-7.945	-8.231	-8.518	-8.805	-9.093	-9.382	-9.672	-9.963	-10.255	-10.548
19	19	19	-4.122	-4.418	-4.713	-5.008	-5.303	-5.598	-5.893	-6.188	-6.483	-6.778	-7.073	-7.368	-7.663	-7.958	-8.253	-8.549	-8.846	-9.143	-9.441	-9.740	-10.040	-10.341	-10.643	-10.946
20	20	20	-4.289	-4.596	-4.903	-5.210	-5.517	-5.824	-6.131	-6.438	-6.745	-7.052	-7.359	-7.666	-7.973	-8.280	-8.587	-8.895	-9.204	-9.513	-9.823	-10.134	-10.446	-10.759	-11.073	-11.388
21	21	21	-4.456	-4.774	-5.091	-5.408	-5.725	-6.042	-6.359	-6.676	-6.993	-7.310	-7.627	-7.944	-8.261	-8.578	-8.895	-9.212	-9.529	-9.846	-10.163	-10.481	-10.800	-11.120	-11.441	-11.763
22	22	22	-4.623	-4.952	-5.281	-5.610	-5.939	-6.268	-6.597	-6.926	-7.255	-7.584	-7.913	-8.242	-8.571	-8.900	-9.229	-9.558	-9.887	-10.216	-10.545	-10.874	-11.204	-11.535	-11.867	-12.199
23	23	23	-4.790	-5.130	-5.469	-5.808	-6.147	-6.486	-6.825	-7.164	-7.503	-7.842	-8.181	-8.520	-8.859	-9.198	-9.537	-9.876	-10.215	-10.554	-10.893	-11.232	-11.571	-11.911	-12.252	-12.594
24	24	24	-4.957	-5.308	-5.657	-5.996	-6.335	-6.674	-7.013	-7.352	-7.691	-8.030	-8.369	-8.708	-9.047	-9.386	-9.725	-10.064	-10.403	-10.742	-11.081	-11.420	-11.759	-12.098	-12.438	-12.779

Grafik settlement akibat beban bertahap



➤ Peningkatan Cu Baru

No.	Derajat Peningkatan 100%															
	Tegangan	σ_1 (N/m ²)	σ_2 (N/m ²)	σ_3 (N/m ²)	σ_4 (N/m ²)	σ_5 (N/m ²)	σ_6 (N/m ²)	σ_7 (N/m ²)	σ_8 (N/m ²)	σ_9 (N/m ²)	σ_{10} (N/m ²)	σ_{11} (N/m ²)	σ_{12} (N/m ²)	σ_{13} (N/m ²)	σ_{14} (N/m ²)	σ_{15} (N/m ²)
	Kedalaman (m)	H=0 m	3	15	4	45	5	55	6	65	7	75	8	85	9	9
0	0	0	3.550	3.475	10.350	11.263	12.171	13.078	13.975	14.866	15.753	16.626	17.495	18.330	19.130	19.333

Derajat Konsentrasi U=100% (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) (i) (j) (k) (l) (m) (n) (o) (p)															
Peningkatan Tegangan	σ_1 (N/m ²)	σ_2 (N/m ²)	σ_3 (N/m ²)	σ_4 (N/m ²)	σ_5 (N/m ²)	σ_6 (N/m ²)	σ_7 (N/m ²)	σ_8 (N/m ²)	σ_9 (N/m ²)	σ_{10} (N/m ²)	σ_{11} (N/m ²)	σ_{12} (N/m ²)	σ_{13} (N/m ²)	σ_{14} (N/m ²)	σ_{15} (N/m ²)
Tinggi Penimbunan	H=0 m	3	15	4	45	5	55	6	65	7	75	8	85	9	9
Jarak Titik Berat (m)	-	14	13	22	31	20	18	10	17	14	15	14	13	12	11
Kedalaman (m)	103	90.11	89.14	88.07	86.54	85.59	84.17	82.41	80.33	78.91	76.91	74.62	72.11	69.35	66.70
0	15	5.330	4.7225	3.8117	3.7995	0.7857	0.7771	0.7577	1.7333	1.7101	1.6859	0.8579	0.8347	0.0000	0.0000

σ_1 (N/m ²)	σ_2 (N/m ²)	σ_3 (N/m ²)	σ_4 (N/m ²)	σ_5 (N/m ²)	σ_6 (N/m ²)	σ_7 (N/m ²)	σ_8 (N/m ²)	σ_9 (N/m ²)
30.330	20.330	10.330	10.330	10.330	10.330	10.330	10.330	10.330

σ_1 (N/m ²)	σ_2 (N/m ²)	σ_3 (N/m ²)	σ_4 (N/m ²)	σ_5 (N/m ²)	σ_6 (N/m ²)	σ_7 (N/m ²)	σ_8 (N/m ²)	σ_9 (N/m ²)
3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	7	6	5	4	3	2	2	3
15.67	10.30	4.50	4.40	4.34	2.23	2.07	2.07	12.77
0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070	15.427

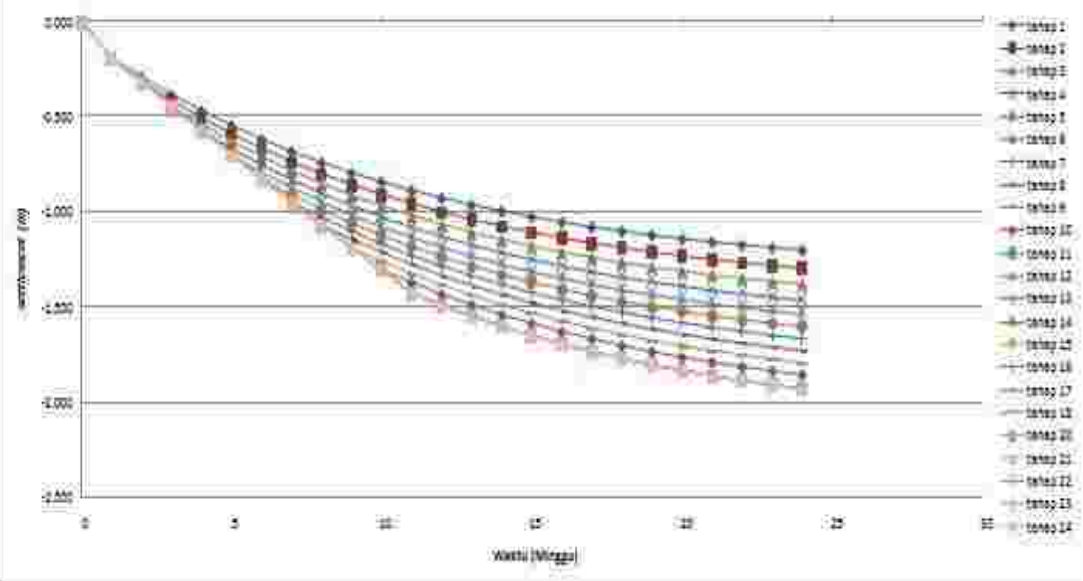
Kedalaman (m)	Pi	Cu lama (g/m ²)	Cu baru (g/m ²)	Keterangan
0	16	41.66	0.478	bertahap

PERENCANAAN REKLAMASI ZONA 3 ELEVASI -1 MLWS

➤ Perhitungan Penimbunan Bertahap

[illegible]

Grafik settlement akibat beban bertahap



➤ Peningkatan Cu Baru

No.	Derajat Konsolidasi 100%																
	Tegangan	σ_0 (t/m ²)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	σ_3 (t/m ²)	σ_4 (t/m ²)	σ_5 (t/m ²)	σ_6 (t/m ²)	σ_7 (t/m ²)	σ_8 (t/m ²)	σ_9 (t/m ²)	σ_{10} (t/m ²)	σ_{11} (t/m ²)	σ_{12} (t/m ²)	σ_{13} (t/m ²)	σ_{14} (t/m ²)	σ_{15} (t/m ²)
	Kedalaman (m)	H=0 m	4	15	5	15	6	65	7	75	8	85	91	91	91	91	91
1	16	3900	11.76	12195	15.319	14.007	14.927	15.629	16.726	17.615	18.454	19.363	20.366	20.366	20.366	20.366	20.366

Derajat konsolidasi <100% (nilai-nilai bertahap)																
Peningkatan Tegangan	σ_0 (t/m ²)	ΔP_1 (t/m ²)	ΔP_2 (t/m ²)	ΔP_3 (t/m ²)	ΔP_4 (t/m ²)	ΔP_5 (t/m ²)	ΔP_6 (t/m ²)	ΔP_7 (t/m ²)	ΔP_8 (t/m ²)	ΔP_9 (t/m ²)	ΔP_{10} (t/m ²)	ΔP_{11} (t/m ²)	ΔP_{12} (t/m ²)	ΔP_{13} (t/m ²)	ΔP_{14} (t/m ²)	ΔP_{15} (t/m ²)
Tinggi Timbunan (m)	H=0 m	4	15	5	55	6	15	7	75	8	85	91	91	91	91	91
Lama Timbunan (th)	-	24	25	22	21	21	13	15	11	16	15	14	11	12	11	10
Reduksi Efektif (%)	100	93.12	85.23	88.10	87.00	89.51	84.30	82.56	81.35	79.10	77.13	74.06	72.38	69.65	66.65	63.34
0	16	3.230	±2403	0.3144	0.8025	0.7851	1.7741	0.7571	0.7383	0.7269	0.6950	0.6622	0.7009	0.0000	0.0000	0.0000

ΔP_0 (t/m ²)	ΔP_1 (t/m ²)	ΔP_2 (t/m ²)	ΔP_3 (t/m ²)	ΔP_4 (t/m ²)	ΔP_5 (t/m ²)	ΔP_6 (t/m ²)	ΔP_7 (t/m ²)	ΔP_8 (t/m ²)	ΔP_9 (t/m ²)	ΔP_{10} (t/m ²)	ΔP_{11} (t/m ²)	ΔP_{12} (t/m ²)	ΔP_{13} (t/m ²)	ΔP_{14} (t/m ²)	ΔP_{15} (t/m ²)
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000

ΔP_1 (t/m ²)	ΔP_2 (t/m ²)	ΔP_3 (t/m ²)	ΔP_4 (t/m ²)	ΔP_5 (t/m ²)	ΔP_6 (t/m ²)	ΔP_7 (t/m ²)	ΔP_8 (t/m ²)	ΔP_9 (t/m ²)	ΔP_{10} (t/m ²)	ΔP_{11} (t/m ²)	ΔP_{12} (t/m ²)	ΔP_{13} (t/m ²)	ΔP_{14} (t/m ²)	ΔP_{15} (t/m ²)
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000

Kedalaman (m)	PI	Cu lama (t/m ²)	Cu baru	Keterangan
0	16	41.66	0.478	bertahap

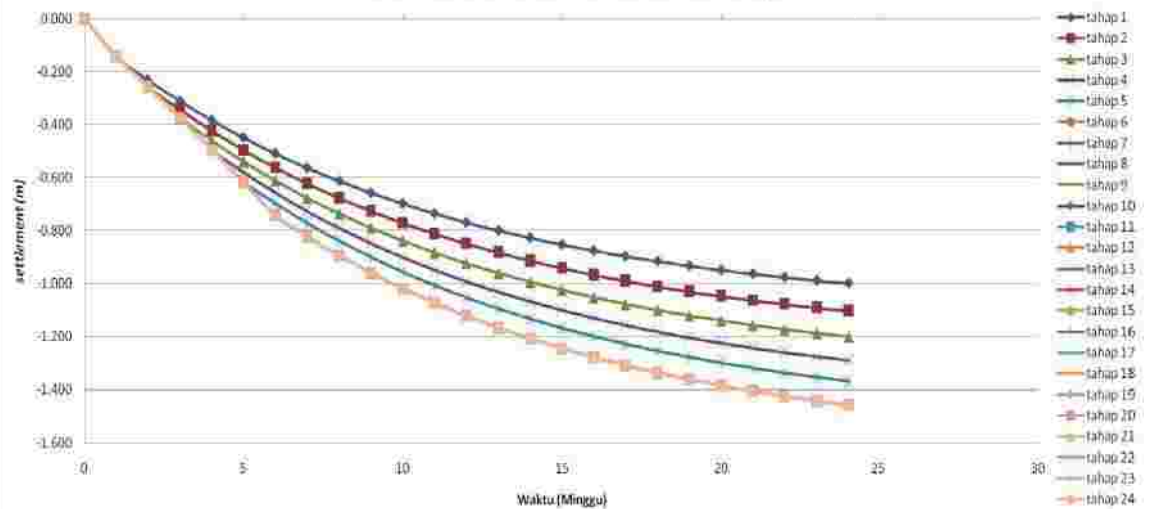
PERENCANAAN REKLAMASI ZONA 4 ELEVASI +0 MLWS

➤ Perhitungan Penimbunan Bertahap

penurunan akibat penimbunan bertahap

Tinggi Timbunan	Umur Timbun	Derajat Konsolid	besar penurunan (Sc) m																							
			tahap 1	tahap 2	tahap 3	tahap 4	tahap 5	tahap 6	tahap 7	tahap 8	tahap 9	tahap 10	tahap 11	tahap 12	tahap 13	tahap 14	tahap 15	tahap 16	tahap 17	tahap 18	tahap 19	tahap 20	tahap 21	tahap 22	tahap 23	tahap 24
Tanah Asli		100	-1.108	-1.223	-1.331	-1.429	-1.519	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616
n	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1	12.83	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142	-0.142
3.5	2	20.78	-0.230	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254	-0.254
4	3	27.99	-0.310	-0.342	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373	-0.373
4.5	4	34.54	-0.383	-0.422	-0.460	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494	-0.494
5	5	40.48	-0.448	-0.495	-0.539	-0.578	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615	-0.615
5.6	6	45.88	-0.508	-0.561	-0.610	-0.656	-0.697	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742	-0.742
5.6	7	50.78	-0.562	-0.621	-0.676	-0.726	-0.771	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821	-0.821
5.6	8	55.23	-0.612	-0.676	-0.735	-0.789	-0.839	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893	-0.893
5.6	9	59.28	-0.657	-0.725	-0.789	-0.847	-0.900	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958	-0.958
5.6	10	62.96	-0.697	-0.770	-0.838	-0.900	-0.956	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018	-1.018
5.6	11	66.30	-0.734	-0.811	-0.882	-0.947	-1.007	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072	-1.072
5.6	12	69.35	-0.768	-0.848	-0.923	-0.991	-1.053	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121	-1.121
5.6	13	72.11	-0.799	-0.882	-0.960	-1.030	-1.095	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166	-1.166
5.6	14	74.62	-0.827	-0.913	-0.993	-1.066	-1.133	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206	-1.206
5.6	15	76.91	-0.852	-0.941	-1.023	-1.099	-1.168	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243	-1.243
5.6	16	78.99	-0.875	-0.966	-1.051	-1.129	-1.200	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277	-1.277
5.6	17	80.88	-0.896	-0.989	-1.076	-1.156	-1.228	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307	-1.307
5.6	18	82.60	-0.915	-1.010	-1.099	-1.180	-1.254	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335	-1.335
5.6	19	84.17	-0.932	-1.030	-1.120	-1.203	-1.278	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361	-1.361
5.6	20	85.59	-0.948	-1.047	-1.139	-1.223	-1.300	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384	-1.384
5.6	21	86.89	-0.962	-1.063	-1.156	-1.242	-1.319	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405	-1.405
5.6	22	88.07	-0.975	-1.077	-1.172	-1.258	-1.337	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424
5.6	23	89.14	-0.987	-1.090	-1.186	-1.274	-1.354	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441	-1.441
5.6	24	90.11	-0.998	-1.102	-1.199	-1.288	-1.368	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457	-1.457

Grafik settlement akibat beban bertahap



➤ Peningkatan Cu Baru

No	Jarak antara tiang 100%													
	Tegangan	f_0 (t/m ²)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	σ_3 (t/m ²)	σ_4 (t/m ²)	σ_5 (t/m ²)	σ_6 (t/m ²)	σ_7 (t/m ²)	σ_8 (t/m ²)	σ_9 (t/m ²)	σ_{10} (t/m ²)	σ_{11} (t/m ²)	σ_{12} (t/m ²)
	Kedalaman (m)	H=0 m	3	3.5	4	4.5	5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
1	16	3.930	9.980	9.980	11.170	12.365	12.940	13.959	13.959	13.959	13.959	13.969	13.959	13.965

Jarak antar tiang 100% akibat timbunan bertahap															
Pendalaman-Tinggi timbunan	f_0 (t/m ²)	ΔP_1 (t/m ²)	ΔP_2 (t/m ²)	ΔP_3 (t/m ²)	ΔP_4 (t/m ²)	ΔP_5 (t/m ²)	ΔP_6 (t/m ²)	ΔP_7 (t/m ²)	ΔP_8 (t/m ²)	ΔP_9 (t/m ²)	ΔP_{10} (t/m ²)	ΔP_{11} (t/m ²)	ΔP_{12} (t/m ²)	ΔP_{13} (t/m ²)	ΔP_{14} (t/m ²)
Tinggi Timbunan	H=0 m	3	3.5	4	4.5	5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Urutan Timbunan (m)	-	24	23	22	21	20	19	18	17	15	15	14	13	12	11
Kedalaman (m)	0	90.11	89.14	88.07	86.59	85.59	84.17	82.10	80.30	78.59	76.91	74.62	72.11	69.35	66.30
0 15	3.930	3.676	3.444	3.150	2.7655	2.345	1.8614	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

σ_{14} (t/m ²)	σ_{15} (t/m ²)	σ_{16} (t/m ²)	σ_{17} (t/m ²)	σ_{18} (t/m ²)	σ_{19} (t/m ²)	σ_{20} (t/m ²)	σ_{21} (t/m ²)	σ_{22} (t/m ²)	σ_{23} (t/m ²)	σ_{24} (t/m ²)
13.965	13.965	13.965	13.965	13.965	13.965	13.965	13.965	13.965	13.965	13.965

ΔP_{14} (t/m ²)	ΔP_{15} (t/m ²)	ΔP_{16} (t/m ²)	ΔP_{17} (t/m ²)	ΔP_{18} (t/m ²)	ΔP_{19} (t/m ²)	ΔP_{20} (t/m ²)	ΔP_{21} (t/m ²)	ΔP_{22} (t/m ²)	ΔP_{23} (t/m ²)	ΔP_{24} (t/m ²)	σ_{25} (t/m ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
50.28	50.28	55.25	55.78	45.58	40.43	34.54	27.70	20.73	12.83	0	
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	12.509

Kedalaman (m)	PI	Cu lama (t/m ²)	Cu baru (t/m ²)	Keterangan
0	16	41.66	0.478	bertahap

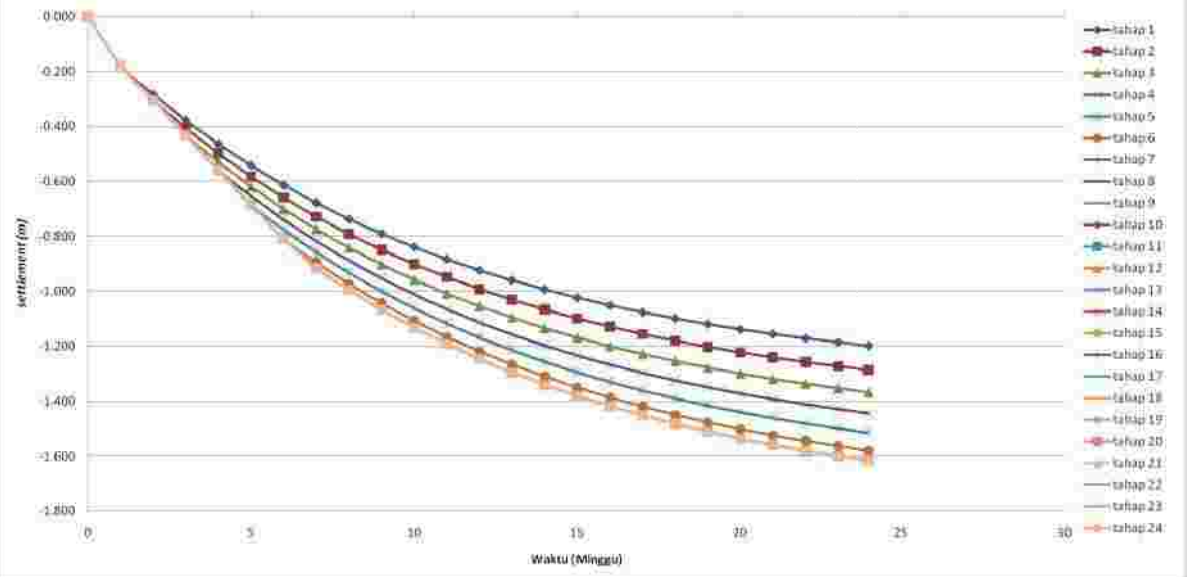
PERENCANAAN REKLAMASI ZONA 4 ELEVASI -1 MLWS

➤ Perhitungan Penimbunan Bertahap

penurunan akibat penimbunan bertahap

Tinggi Timbun	Umur Timbun	Derajat Konsoli	besar penurunan (Sc) m																							
Tanah	n	0	tahap 1	tahap 2	tahap 3	tahap 4	tahap 5	tahap 6	tahap 7	tahap 8	tahap 9	tahap 10	tahap 11	tahap 12	tahap 13	tahap 14	tahap 15	tahap 16	tahap 17	tahap 18	tahap 19	tahap 20	tahap 21	tahap 22	tahap 23	tahap 24
0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	13.37	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178	-0.178
4.5	2	21.24	-0.282	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303	-0.303
5	3	28.39	-0.377	-0.405	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431	-0.431
5.5	4	34.88	-0.463	-0.498	-0.530	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559	-0.559
6	5	40.78	-0.542	-0.582	-0.619	-0.653	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685	-0.685
6.5	6	46.14	-0.613	-0.658	-0.700	-0.739	-0.775	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808	-0.808
6.8	7	51.01	-0.677	-0.728	-0.774	-0.817	-0.857	-0.894	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915	-0.915
6.8	8	55.44	-0.736	-0.791	-0.842	-0.888	-0.931	-0.971	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994	-0.994
6.8	9	59.46	-0.790	-0.849	-0.903	-0.952	-0.999	-1.042	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066	-1.066
6.8	10	63.12	-0.838	-0.901	-0.958	-1.011	-1.060	-1.106	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132	-1.132
6.8	11	66.45	-0.882	-0.948	-1.009	-1.064	-1.116	-1.164	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191	-1.191
6.8	12	69.47	-0.923	-0.991	-1.055	-1.113	-1.167	-1.217	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245	-1.245
6.8	13	72.22	-0.959	-1.031	-1.096	-1.157	-1.213	-1.265	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295	-1.295
6.8	14	74.72	-0.992	-1.066	-1.134	-1.197	-1.255	-1.309	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340	-1.340
6.8	15	77.00	-1.022	-1.099	-1.169	-1.233	-1.293	-1.349	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380	-1.380
6.8	16	79.07	-1.050	-1.128	-1.200	-1.267	-1.328	-1.385	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418	-1.418
6.8	17	80.95	-1.075	-1.155	-1.229	-1.297	-1.360	-1.418	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451	-1.451
6.8	18	82.67	-1.098	-1.180	-1.255	-1.324	-1.389	-1.448	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482	-1.482
6.8	19	84.22	-1.118	-1.202	-1.278	-1.349	-1.415	-1.476	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510
6.8	20	85.64	-1.137	-1.222	-1.300	-1.372	-1.439	-1.501	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535	-1.535
6.8	21	86.93	-1.154	-1.241	-1.320	-1.392	-1.460	-1.523	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559	-1.559
6.8	22	88.11	-1.170	-1.257	-1.337	-1.411	-1.480	-1.544	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580
6.8	23	89.17	-1.184	-1.273	-1.354	-1.428	-1.498	-1.562	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599	-1.599
6.8	24	90.15	-1.197	-1.286	-1.368	-1.444	-1.514	-1.579	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616

Grafik settlement akibat beban bertahap



➤ Peningkatan Cu Baru

No.	Derajat Konsolidasi 100%														
	Tegangan	P_0 (t/m ²)	σ_1 (t/m ²)	σ_1' (t/m ²)	σ_2' (t/m ²)	σ_3' (t/m ²)	σ_4' (t/m ²)	σ_5' (t/m ²)	σ_6' (t/m ²)	σ_7' (t/m ²)	σ_8' (t/m ²)	σ_9' (t/m ²)	σ_{10}' (t/m ²)	σ_{11}' (t/m ²)	σ_{12}' (t/m ²)
	Kedalaman (m)	± 3 m	4	4.5	5	5.5	6	6.5	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
1	0	16	8.90	11.222	12.129	12.629	13.924	14.803	15.680	16.196	16.196	16.196	16.196	16.196	16.196

Derajat Konsolidasi $U < 100\%$ (akibat time-settlement)														
Peningkatan Tegangan	P_0 (t/m ²)	ΔP_0 (t/m ²)	ΔP_1 (t/m ²)	ΔP_2 (t/m ²)	ΔP_3 (t/m ²)	ΔP_4 (t/m ²)	ΔP_5 (t/m ²)	ΔP_6 (t/m ²)	ΔP_7 (t/m ²)	ΔP_8 (t/m ²)	ΔP_9 (t/m ²)	ΔP_{10} (t/m ²)	ΔP_{11} (t/m ²)	ΔP_{12} (t/m ²)
Tinggi Pemukiman	$h = 0$ m	1	4.5	3	5.5	4	5.5	5.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
Jumlah Pemukiman (m ² /agu)	-	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
Kedalaman (m)	100	30.15	85.17	88.11	86.01	83.64	81.22	81.67	80.95	79.07	77.00	74.72	72.22	69.43
0	16	3.970	6.1824	0.054	0.4395	1.1185	0.7532	0.7312	0.4257	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

σ_{14}' (t/m ²)	σ_{15}' (t/m ²)	σ_{16}' (t/m ²)	σ_{17}' (t/m ²)	σ_{18}' (t/m ²)	σ_{19}' (t/m ²)	σ_{20}' (t/m ²)	σ_{21}' (t/m ²)	σ_{22}' (t/m ²)	σ_{23}' (t/m ²)	σ_{24}' (t/m ²)
0.0	1.0	6.0	0.0	6.0	6.0	1.0	1.0	1.0	6.0	1.0
1.2 196	16.1 96	16.1 96	1.2 196	16.1 96	16.1 96	16.1 96	16.1 96	16.1 96	16.1 96	16.1 96

ΔP_{13} (t/m ²)	ΔP_{14} (t/m ²)	ΔP_{15} (t/m ²)	ΔP_{16} (t/m ²)	ΔP_{17} (t/m ²)	ΔP_{18} (t/m ²)	ΔP_{19} (t/m ²)	ΔP_{20} (t/m ²)	ΔP_{21} (t/m ²)	ΔP_{22} (t/m ²)	ΔP_{23} (t/m ²)	Total (t/m ²)
0.0	1.0	6.0	0.0	6.0	6.0	1.0	1.0	1.0	6.0	6.0	
1.0	0	8	7	6	5	4	3	2	1	1	
2.8 12	57.42	55.44	51.71	48.14	40.78	34.82	29.37	21.24	13.37	1.334	
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.354

Kedalaman (m)	P ₀	Cu Lama (t/m ²)	Cu baru (t/m ²)	Keterangan
0	16	41.66	0.478	bertahap

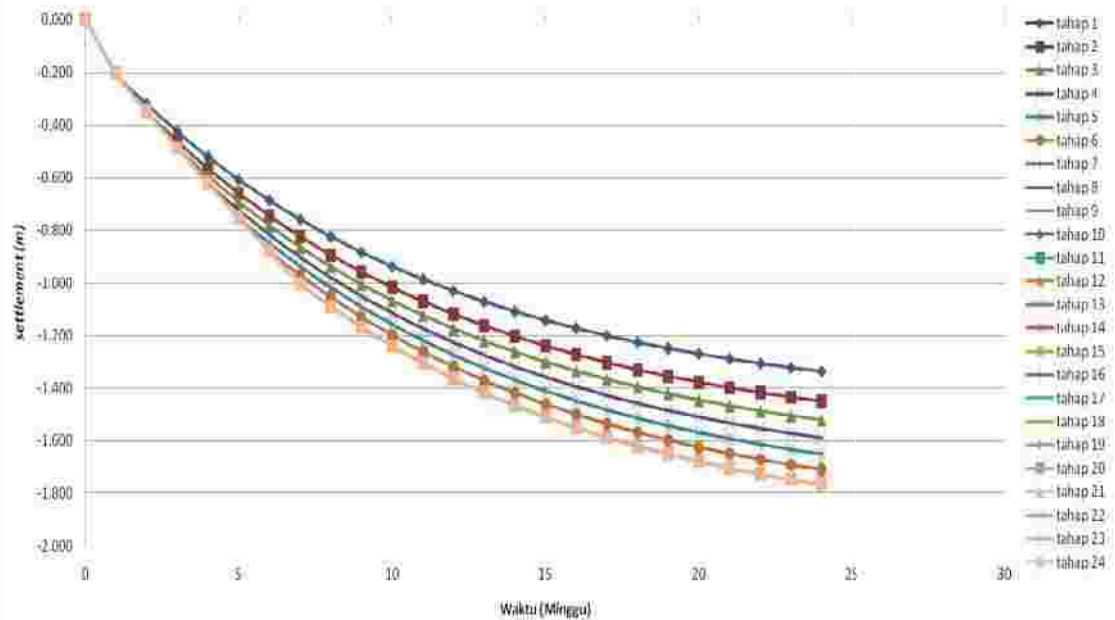
PERENCANAAN REKLAMASI ZONA 4 ELEVASI -2 MLWS

➤ Perhitungan Penimbunan Bertahap

penurunan akibat penimbunan bertahap

Tinggi Timbun	Umur Timbun	Derajat Konsoli	besar penurunan (Sc) m																							
			tahap 1	tahap 2	tahap 3	tahap 4	tahap 5	tahap 6	tahap 7	tahap 8	tahap 9	tahap 10	tahap 11	tahap 12	tahap 13	tahap 14	tahap 15	tahap 16	tahap 17	tahap 18	tahap 19	tahap 20	tahap 21	tahap 22	tahap 23	tahap 24
Tanah	100	-1.481	-1.608	-1.688	-1.762	-1.831	-1.897	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959	-1.959
n	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1	13.85	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205	-0.205
5.5	2	21.66	-0.321	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348	-0.348
6	3	28.76	-0.426	-0.463	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485	-0.485
6.5	4	35.20	-0.522	-0.566	-0.594	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620	-0.620
7	5	41.06	-0.608	-0.660	-0.693	-0.724	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752	-0.752
7.5	6	46.39	-0.687	-0.746	-0.783	-0.817	-0.850	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880	-0.880
8	7	51.23	-0.759	-0.824	-0.865	-0.903	-0.938	-0.972	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004	-1.004
8	8	55.63	-0.824	-0.895	-0.939	-0.980	-1.019	-1.055	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090	-1.090
8	9	59.63	-0.883	-0.959	-1.007	-1.051	-1.092	-1.131	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168	-1.168
8	10	63.27	-0.937	-1.018	-1.068	-1.115	-1.159	-1.200	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240	-1.240
8	11	66.58	-0.986	-1.071	-1.124	-1.173	-1.219	-1.263	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304	-1.304
8	12	69.59	-1.031	-1.119	-1.175	-1.226	-1.275	-1.320	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363	-1.363
8	13	72.33	-1.072	-1.163	-1.221	-1.275	-1.325	-1.372	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417	-1.417
8	14	74.82	-1.108	-1.203	-1.263	-1.319	-1.370	-1.419	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466	-1.466
8	15	77.08	-1.142	-1.240	-1.301	-1.358	-1.412	-1.462	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510	-1.510
8	16	79.15	-1.173	-1.273	-1.336	-1.395	-1.450	-1.501	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551	-1.551
8	17	81.02	-1.200	-1.303	-1.368	-1.428	-1.484	-1.537	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587	-1.587
8	18	82.73	-1.226	-1.331	-1.397	-1.458	-1.515	-1.569	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621	-1.621
8	19	84.28	-1.249	-1.356	-1.423	-1.485	-1.544	-1.599	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651	-1.651
8	20	85.69	-1.269	-1.378	-1.447	-1.510	-1.569	-1.625	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679	-1.679
8	21	86.98	-1.289	-1.399	-1.468	-1.533	-1.593	-1.650	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704
8	22	88.15	-1.306	-1.418	-1.488	-1.553	-1.614	-1.672	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727	-1.727
8	23	89.21	-1.322	-1.435	-1.506	-1.572	-1.634	-1.692	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748	-1.748
8	24	90.18	-1.336	-1.450	-1.522	-1.589	-1.652	-1.711	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767	-1.767

Grafik settlement akibat beban bertahap



➤ Peningkatan Cu Baru

No.	Derajat korosi desil 100%													
	Tegangan	P ₀ (N/m ²)	P ₁ (N/m ²)	P ₂ (N/m ²)	P ₃ (N/m ²)	P ₄ (N/m ²)	P ₅ (N/m ²)	P ₆ (N/m ²)	P ₇ (N/m ²)	P ₈ (N/m ²)	P ₉ (N/m ²)	P ₁₀ (N/m ²)	P ₁₁ (N/m ²)	P ₁₂ (N/m ²)
	Kedalaman (m)	H = 0 m	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8	8	8	8	8
1.	0	16	3.320	12.060	13.960	14.973	15.746	15.509	17.458	18.295	18.295	18.295	19.255	19.295

Derajat korosi desil < 100% (alutatt mbunar bertahap)														
Perubahan Tegangan	P ₀ (N/m ²)	P ₁ (N/m ²)	P ₂ (N/m ²)	P ₃ (N/m ²)	P ₄ (N/m ²)	P ₅ (N/m ²)	P ₆ (N/m ²)	P ₇ (N/m ²)	P ₈ (N/m ²)	P ₉ (N/m ²)	P ₁₀ (N/m ²)	P ₁₁ (N/m ²)	P ₁₂ (N/m ²)	P ₁₃ (N/m ²)
Tinggi Perimbunan H = 0 m	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8	8	8	8	8	8	8
Waktu Perimbunan (minggu)	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Kedalaman (m)	0.00	30.18	89.21	50.15	56.93	115.69	84.28	82.75	31.02	79.15	73.08	74.82	72.33	69.59
3.	16	3.990	7.6833	0.8109	0.7857	0.7586	0.7350	0.7122	3.5892	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

σ_{12} (N/m ²)	σ_{11} (N/m ²)	σ_{10} (N/m ²)	σ_{9} (N/m ²)	σ_{8} (N/m ²)	σ_{7} (N/m ²)	σ_{6} (N/m ²)	σ_{5} (N/m ²)	σ_{4} (N/m ²)	σ_{3} (N/m ²)	σ_{2} (N/m ²)	σ_{1} (N/m ²)	σ_{0} (N/m ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101.24	11.24	11.24	11.24	11.24	11.24	11.24	11.24	11.24	11.24	11.24	11.24	11.24

ΔP_{12} (N/m ²)	ΔP_{11} (N/m ²)	ΔP_{10} (N/m ²)	ΔP_{9} (N/m ²)	ΔP_{8} (N/m ²)	ΔP_{7} (N/m ²)	ΔP_{6} (N/m ²)	ΔP_{5} (N/m ²)	ΔP_{4} (N/m ²)	ΔP_{3} (N/m ²)	ΔP_{2} (N/m ²)	ΔP_{1} (N/m ²)	ΔP_{0} (N/m ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55.27	59.65	55.65	51.35	46.39	41.06	35.33	29.76	24.66	19.55	14.44	9.33	4.22
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Kedalaman (m)	Pi	Cu lama (g/m ²)	Cu baru (g/m ²)	Keterangan
0	16	41.66	0.478	bertahap

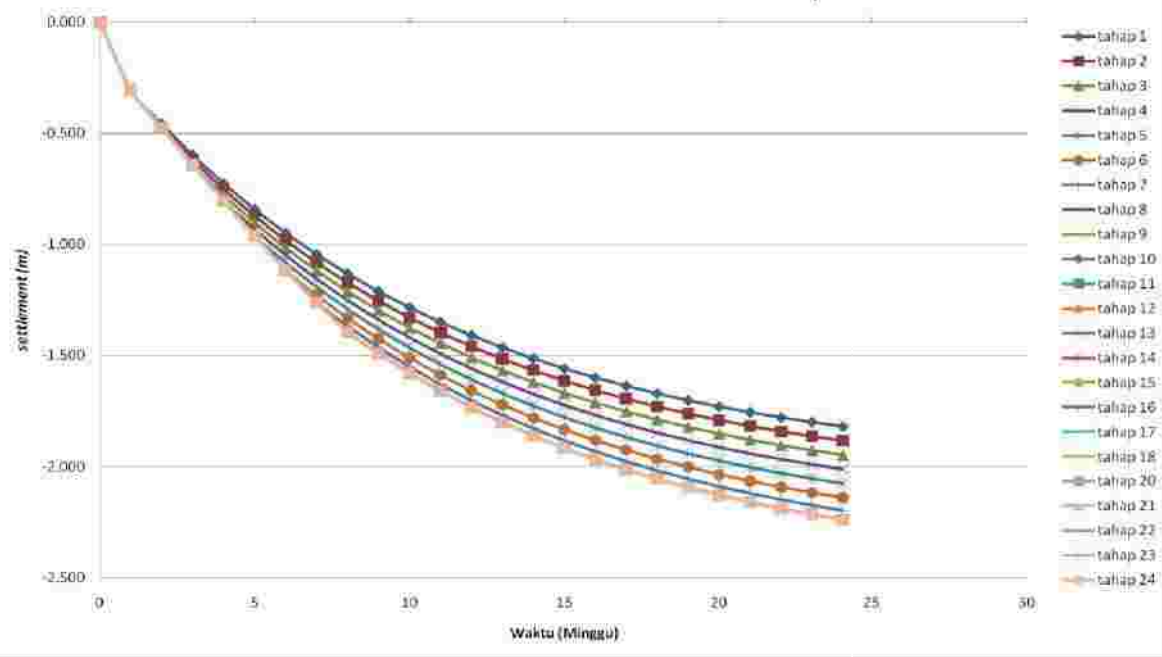
PERENCANAAN REKLAMASI ZONA 4 ELEVASI -5 MLWS

➤ Perhitungan Penimbunan Bertahap

penurunan akibat penimbunan bertahap

Tinggi Timbunan	Umur Timbun	Derajat Konsolid	besar penurunan (Sc) m																							
			tahap 1	tahap 2	tahap 3	tahap 4	tahap 5	tahap 6	tahap 7	tahap 8	tahap 9	tahap 10	tahap 11	tahap 12	tahap 13	tahap 14	tahap 15	tahap 16	tahap 17	tahap 18	tahap 19	tahap 20	tahap 21	tahap 22	tahap 23	tahap 24
Tanah Asli		100	-2.017	-2.088	-2.158	-2.228	-2.300	-2.373	-2.436	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481	-2.481
0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0 - 0.6	1	15.07	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304	-0.304
0.6 - 1.2	2	22.73	-0.459	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475	-0.475
1.2 - 1.8	3	29.70	-0.599	-0.620	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641	-0.641
1.8 - 2.4	4	36.04	-0.727	-0.752	-0.778	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803	-0.803
2.4 - 3.0	5	41.80	-0.843	-0.873	-0.902	-0.931	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962	-0.962
3.0 - 3.6	6	47.05	-0.949	-0.982	-1.015	-1.048	-1.082	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116	-1.116
3.6 - 4.2	7	51.81	-1.045	-1.082	-1.118	-1.154	-1.192	-1.229	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262	-1.262
4.2 - 4.8	8	56.15	-1.132	-1.172	-1.212	-1.251	-1.291	-1.332	-1.368	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393	-1.393
4.8 - 5.4	9	60.09	-1.212	-1.255	-1.297	-1.339	-1.382	-1.426	-1.464	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491	-1.491
5.4 - 6.0	10	63.68	-1.284	-1.329	-1.374	-1.419	-1.465	-1.511	-1.552	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580	-1.580
6.0 - 6.6	11	66.95	-1.350	-1.398	-1.445	-1.492	-1.540	-1.589	-1.631	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661	-1.661
6.6 - 7.3	12	69.92	-1.410	-1.460	-1.509	-1.558	-1.608	-1.659	-1.704	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735	-1.735
7.3 - 8.0	13	72.62	-1.465	-1.516	-1.567	-1.618	-1.670	-1.723	-1.769	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802	-1.802
8.0 - 8.7	14	75.08	-1.514	-1.567	-1.620	-1.673	-1.727	-1.782	-1.829	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863	-1.863
8.7 - 9.4	15	77.32	-1.559	-1.614	-1.668	-1.723	-1.778	-1.835	-1.884	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919	-1.919
9.4 - 10.1	16	79.36	-1.600	-1.657	-1.712	-1.768	-1.825	-1.883	-1.933	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969	-1.969
10.1 - 10.8	17	81.21	-1.638	-1.695	-1.752	-1.809	-1.868	-1.927	-1.979	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015	-2.015
10.8 - 11.5	18	82.90	-1.672	-1.731	-1.789	-1.847	-1.907	-1.967	-2.020	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057	-2.057
10.8 - 11.6	19	84.43	-1.703	-1.763	-1.822	-1.881	-1.942	-2.003	-2.057	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095	-2.095
10.8 - 11.7	20	85.83	-1.731	-1.792	-1.852	-1.912	-1.974	-2.037	-2.091	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130	-2.130
10.8 - 11.8	21	87.10	-1.757	-1.818	-1.879	-1.941	-2.003	-2.067	-2.122	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161	-2.161
10.8 - 11.9	22	88.26	-1.780	-1.842	-1.904	-1.966	-2.030	-2.094	-2.150	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190	-2.190
10.8 - 11.10	23	89.31	-1.801	-1.864	-1.927	-1.990	-2.054	-2.119	-2.176	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216	-2.216
10.8 - 11.11	24	90.27	-1.821	-1.884	-1.948	-2.011	-2.076	-2.142	-2.199	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240	-2.240

Grafik settlement akibat beban bertahap



➤ Peningkatan Cu Baru

[illegible]

Derajat Kecepatan (15-180 km/jam) (maksudnya untuk derajat kecepatan)													
Pemubahan Tegangan	$F \times 10^3 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta P \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 2 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 3 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 4 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 5 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 6 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 7 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 8 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 9 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 10 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 11 \text{ (N/m}^2\text{)}$	$\Delta F 12 \text{ (N/m}^2\text{)}$
Tinggi Perakutan	$H \times 10 \text{ m}$	ϵ	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
Ukuran Tertinggi (dalam cm)	-	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Kadalaman (m)	100	90.27	84.11	88.56	87.17	85.82	84.43	83.10	81.21	79.36	77.52	75.98	74.62
0	15	3.910	12.0687	0.8153	7.8229	0.7888	3.7727	0.7544	0.7238	0.6936	0.0000	0.0000	0.0000

[illegible][illegible]

Kedalaman (m)		Pi	Cu lama (t/m^3)	Cu baru (t/m^3)	Keterangan
0	16	41,66	0,476	2,663	bertahap

Lampiran IIc. Analisa Harga Satuan

Year	Population (millions)	Urban population (millions)	Urban population (%)	Population growth rate (%)	Urban population growth rate (%)
1980	1.0	0.3	30	1.5	1.5
1985	1.1	0.4	36	1.8	2.0
1990	1.2	0.5	42	2.0	2.5
1995	1.3	0.6	46	2.2	2.8
2000	1.4	0.7	50	2.4	3.0
2005	1.5	0.8	53	2.6	3.2
2010	1.6	0.9	56	2.8	3.4
2015	1.7	1.0	59	3.0	3.6
2020	1.8	1.1	61	3.2	3.8

	nama					154.817,50	202.097,50
	jumlah					154.817,50	202.097,50
ADD	1 BEL PER. PEMERINTAN JALAN BERMENTARA TERAS, 20 CM						
	Batu Aspal	1.0000	m3	150.000,00	175.000,00	42.102,00	42.700,00
	Serut	1.0000	m3	120.000,00	160.000,00	4.252,00	4.500,00
	Pasp. P6500	1.0000	m2	170.000,00	203.000,00	5.500,00	13.100,00
	Paspaj	1.0000	cm	170.000,00	42.000,00	31.000,00	31.000,00
	Mancir	1.0000	cm	130.000,00	100.000,00	10.500,00	10.500,00
	Kor. Semp. 1 Pak. Pemadatan Teras, 1 m2	1.0000	cm	24.000,00	30.000,00	5.002,00	5.300,00
	Jumlah					98.003,00	102.304,00
	Sambungan Mas					0.000,00	0.000,00
	Jumlah					100.003,00	102.304,00
	Dibayar					100.000,00	102.300,00

Berkas Data Tahap 2 (10/10/2017)						
1002	27	Pemangan Batu Kawang 25-40 kg	75	740	466.350,27	31.533.831,99
1004	41	Pemangan Batu Kawang 15-20 kg	75	975	466.350,27	2.543.340,12
1005	43	Pemangan Batu Kawang 45-60 kg	75	700	466.350,27	1.270.105,44
1007	49	Pemangan Batu Kawang 10-20 kg	75	630	760.255,96	5.191.851,67
1008	2004	Seledang 1000 gram	75	1000	158.250,32	1.583.501,31
1009	1	Seledang 1000 gram	75	600	131.500,47	22.081.265,55
1010	2003	Seledang 1000 gram 2000 gram	75	300	235.000,00	2.350.000,00
1002	25	Pasukan 1000 gram 1000 gram	75	1000	56.749,82	567.498,20
1004	31	Pasukan 1000 gram 1000 gram	75	700	55.542,10	388.794,69
Jumlah						31.617.981,77
RPH 10%						3.161.798,18
Jumlah TOTAL						34.779.780,00
Angka per 100						34.779.780,00

[illegible]

BAB VII KESIMPULAN

7.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil dari analisa perencanaan dengan berdasarkan dari jawaban atas permasalahan tugas akhir ini. Dari tujuan yang ingin dicapai sebelumnya kemudian dilakukan analisa perencanaan terhadap permasalahan yang kemudian didapatkan kesimpulan atas pemecahan berbagai masalah yang ada.

7.2 Kesimpulan

Dalam perencanaan tugas akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Tinggi timbunan pelaksanaan dan besar pemampatan yang terjadi pada zona 3 dengan elevasi rencana + 6.00 m LWS dan zona 4 dengan elevasi rencana +4.00 m LWS perencanaan reklamasi adalah.

No	Zona	Elevasi (m LWS)	Hf (m)	Sc (m)
1	3	0.00	8	2
2		-1.00	9.1	2.1
3	4	0.00	5.6	1.6
4		-1.00	6.8	1.8
5		-2.00	8	2
6		-5.00	11.4	2.4

2. Dengan tebal lapisan *compressible soil* 16 m dan kecepatan pemampatan c_v sebesar $0.000229 \text{ cm}^2/\text{s}$ untuk mencapai derajat konsolidasi (U) 90% dibutuhkan waktu hingga 75.4 tahun.

3. Dengan direncanakan metode percepatan pemampatan menggunakan PVD dengan pola pemasangan segitiga dan masa tunggu konsolidasi 6 bulan, didapat jarak pemasangan antar PVD (S) adalah sebesar 1.1 m. Digunakan kedalaman pemancangan hingga -16 m dari seabed (lapisan *silty clay*)
4. Besaran nilai SF sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan tanah menggunakan PVD untuk area perencanaan reklamasi didapatkan sebagai berikut:
 - Stabilitas Terhadap Keruntuhan Rotational
 - a. Sebelum menggunakan PVD (Natural) :
 - Zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS, SF = 0.707
 - > Zona 3 elevasi -1.00 mLWS, SF = 0.687
 - > Zona 4 elevasi ± 0.00 mLWS, SF = 0.834
 - > Zona 4 elevasi -1.00 mLWS, SF = 0.792
 - > Zona 4 elevasi -2.00 mLWS, SF = 0.800
 - > Zona 4 elevasi -5.00 mLWS, SF = 0.755
 - b. Setelah selesai menggunakan PVD :
 - Zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS, SF = 1.2 (aman)
 - Zona 3 elevasi -1.00 mLWS, SF = 1.187 (aman)
 - Zona 4 elevasi ± 0.00 mLWS, SF = 1.426 (aman)
 - Zona 4 elevasi -1.00 mLWS, SF = 1.375 (aman)
 - Zona 4 elevasi -2.00 mLWS, SF = 1.417 (aman)
 - Zona 4 elevasi -5.00 mLWS, SF = 1.308 (aman)
 - Stabilitas Terhadap Keruntuhan Puncture
 - a. Sebelum menggunakan PVD (Natural) :
 - > Zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS, SF = 0.29
 - > Zona 3 elevasi -1.00 mLWS, SF = 0.25
 - > Zona 4 elevasi ± 0.00 mLWS, SF = 0.44
 - > Zona 4 elevasi -1.00 mLWS, SF = 0.35
 - > Zona 4 elevasi -2.00 mLWS, SF = 0.29
 - > Zona 4 elevasi -5.00 mLWS, SF = 0.20

- b. Setelah selesai menggunakan PVD :
 - Zona 3 elevasi ± 0.00 mLWS, SF = 1.9 (aman)
 - Zona 3 elevasi -1.00 mLWS, SF = 1.63 (aman)
 - Zona 4 elevasi ± 0.00 mLWS, SF = 2.85 (aman)
 - Zona 4 elevasi -1.00 mLWS, SF = 2.28 (aman)
 - Zona 4 elevasi -2.00 mLWS, SF = 1.90 (aman)
 - Zona 4 elevasi -5.00 mLWS, SF = 1.27 (aman)
5. Dengan hasil perkiraan tinggi gelombang metode SPM didapat, $H_s = 0.5$ m, $T = 2.5$ s, $D = 1$ hr. Digunakan *shore protection* berupa *armor layer* yang memiliki nilai slope dan *sheet pile* pada area cannal.
 - a. Armor Layer

Didapatkan, berat batuan (W) sebesar 6~10 kg yang dipasang secara disusun antar batuan dengan ketebalan lapisan 30 cm. Dengan elevasi pemasangan hingga +3.00 mLWS.
 - b. Sekondary Layer

Digunakan berat batuan (W/10) sebesar 0.6~1.5 kg yang dipasang secara acak dengan ketebalan 15 cm. Dengan elevasi pemasangan hingga +3.00 mLWS.
 - c. Sheet Pile

Digunakan menggunakan sheet pile baja dengan tegangan leleh 210 MN/m² (ASTM A-572), dengan profil Z-Section tipe AZ 37 - 700. dengan $W = 3705$ cm³

 - Zona 4 elevasi -5.00 mLWS

Dengan perencanaan tinggi elevasi puncak *sheet pile* berada pada elevasi +4.00 mLWS, didapat total panjang yang dibutuhkan sepanjang 27 m, dengan kedalaman pemancangan sebesar 18 m. Digunakan angkur berupa tiang pancang dengan diameter D 0.8 m dan kedalaman pemancangan 3 m dari permukaan *silty sand*.

- Zona 4 elevasi -2.00 mLWS

Dengan perencanaan yang sama, didapat total panjang yang dibutuhkan sepanjang 22.5 m, dengan kedalaman pemancangan sebesar 16.5 m. Digunakan angkur berupa tiang pancang dengan diameter D 0.8 m dan kedalaman pemancangan 3 m dari permukaan *silty sand*.

6. Metode pelaksanaan yang digunakan adalah penimbunan dari darat secara segmental. Namun untuk mencegah agar material reklamasi tidak terbawa arus dan gelombang akan dibangun tanggul penahan terlebih dahulu secara segmental sehingga penimbunan dapat dilaksanakan dengan cepat tanpa menunggu pekerjaan tanggul selesai hingga seluruh area reklamasi. Pada pelaksanaan penimbunan dilakukan monitoring dengan menggunakan *soil monitoring instrument* berupa *settlement plate*, *pneumatic piezometer*, dan *inclinometer*
7. Biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan reklamasi adalah sebesar Rp 4,256,205,555,115 dengan biaya pekerjaan per-meter persegi sebesar Rp 1,564,200.

DAFTAR PUSTAKA

- Craig, R.F. 2004. Craig's Soil Mechanics Seventh edition. United Kingdom: Spon Press.
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. Principles of Foundation Engineering Seventh Edition. Texas: Arethea Thomas.
- Herdiyatmo, Hary Chris Tady. 2007. Mekanika Tanah II edisi IV. Yogyakarta
- Look, Burt. 2007. Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables. The Netherlands: Taylor & Francis
- Mochtar, Noor Endah 2012. Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. Pelabuhan Jilid 8. Yogyakarta: Beta Offset.
- US ARMY. 1984. Shore Protection Manual. Washington DC
- Wahyudi, Herman. 1997. Teknik Reklamasi. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.

BIODATA PENULIS



Welly Nawi Berlian

Penulis dilahirkan di Bandung 28 September 1992, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Marhas (Kab. Bandung), SDN Taman Kopo Indah II (Kab. Bandung), SMPN 1 Margahayu (Kab. Bandung), SMAN 11 (Bandung). Setelah lulus dari SMA 11 Bandung tahun 2010, penulis mengikuti ujian masuk Diploma POLBAN dan diterima di Jurusan Diploma III Teknik Sipil pada tahun 2010 dan terdaftar dengan NIM 1011211062. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Konstruksi Sipil. Kemudian

setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil POLBAN, penulis bekerja selama enam bulan di PT GAMMA EPSILON sebagai inspector lapangan, lima bulan di PT IBST sebagai engineer divisi audit. Pada tahun 2014 penulis mengikuti ujian masuk program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS dan diterima di program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3114105022. Berikut merupakan nomor hp dan email yang dapat dihubungi, 082321121400 dan wellynawi@yahoo.com.